Herrn Rektor A. Engelien

mit größter Hochachtung

der Verleger.

Berlin 8. Juli 1881.



Physik

für

Elementar- und Mittelschulen.

Die Ergebnisse des Unterrichts

zur

Wiederholung und Einübung

für Schüler

systematisch geordnet

von

Dr. M. Simon,

Seminarlehrer.

Mit 112 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Dritte, verbesserte und durch einen Anhang: „Zur Chemie" vermehrte Auflage.

Berlin, 1881.

Verlag von Karl J. Klemann.



Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

„Durch eine zwanzigjährige Praxis hat der Verfasser die Ansicht gewonnen — und hervorragende Schulmänner haben ihn darin bestärkt, — daß in einem Leitfaden für Schüler allerdings nichts fehlen darf, was als bleibendes Gut aus dem lebendigen Unterricht in der Schule hervorgehen soll. Dazu gehört in der Physik vor allem: die kurz und bestimmt gefaßten Naturgesetze, die allzeit gegenwärtig sein müssen zum Verständnis und zur Erklärung zusammengesetzter Erscheinungen; ferner die Namen der wichtigsten physikalischen und technischen Apparate mit ihren Hauptteilen; dann die Namen der hervorragendsten Forscher und Erfinder, sowie wichtige historische Daten auf diesem Gebiete, kurz alles das, was gedächtnismäßig angeeignet werden muß. — Entbehrlich dagegen und die Uebersicht störend ist: die ausführliche Beschreibung der Apparate und der damit anzustellenden Versuche, weil dies dem Schüler durch das geschriebene Wort doch nur schwer verständlich gemacht wird, und erst sein volles Interesse erregt, wenn es ihm, vom lebendigen Worte des Lehrers begleitet, in dem Unterricht zur Anschauung gebracht wird.

Was also durch die gemeinsame Arbeit des Lehrers und der Klasse als Resultat des Unterrichts gewonnen und in wenigen kurzen Sätzen zusammengefaßt worden, das soll der Schüler in seinem Buche finden und mit Hilfe desselben dem Gedächtnis für immer einprägen.

Aus diesen Gesichtspunkten ist das vorliegende Werkchen bearbeitet. Durch Ausscheiden alles Unnötigen ist es möglich geworden, auf wenigen Bogen ein reiches und dabei übersichtliches Material für den Unterricht in der Physik zusammenzustellen, und wenn manches auch nur in Andeutungen gegeben werden konnte, so wird ein geschickter Lehrer doch den rechten Gebrauch davon zu machen wissen.

Dem Wunsche einiger Kollegen, den Stoff auf mehrere konzentrische Kreise für ebenso viele Kurse zu verteilen, glaubt der Verfasser dadurch gerecht zu werden, daß er — um Zusammengehöriges nicht unnötig zu zerstreuen — durch größeren Druck hervorgehoben, was in einem ersten Kursus etwa durchzunehmen wäre, wobei dem Lehrer freier Spielraum gelassen ist, je nach Bedürfnis, das Maß zu erweitern oder auch zu verengen; wie denn überhaupt die dargebotene Anordnung des Stoffes keineswegs den Gang des Unterrichts bestimmen soll. Die methodischen Lehrbücher von Crüger, Bänitz u. A. zeigen in dieser Beziehung den richtigen Weg; doch scheint es nicht geraten, den Lehrer mittels des Buches wie an einem Gängelbande zu führen; vielmehr soll hier die Wiederholung und Zusammenfassung des Unterrichtsmaterials durch die systematische Anordnung erleichtert werden.

Die zahlreichen Abbildungen sollen dem Schüler die in der Schule gebotenen Anschauungen vergegenwärtigen und das Verständnis der Sätze erleichtern, sie werden aber auch dem Lehrer als eine bequeme Handhabe für schriftliche Aufgaben (Beschreibung von Apparaten und Experimenten) dienen können.

Die meist für eine höhere Stufe bestimmten Rechenaufgaben im Anhange dürften ebenfalls manchem Lehrer eine willkommene Zugabe sein."

Berlin, im März 1874. **D. V.**

Vorwort zur dritten Auflage.

Die vorliegende dritte Auflage ist gründlich revidiert, an vielen Stellen verbessert und durch die Abbildung des Telephons, sowie durch einen Anhang „**Zur Chemie**" vermehrt worden. Auch auf die Ausstattung des Werkchens ist seitens des Herrn Verlegers noch größere Sorgfalt verwandt, der Preis jedoch nicht erhöht worden, um es immer weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Berlin, im Juni 1881. **D. V.**

Inhalt.

Die **Physik** oder Naturlehre lehrt die Ursachen oder **Kräfte** kennen, durch welche die in den Körpern vorgehenden Erscheinungen und Veränderungen hervorgerufen werden. — Physikalische, chemische, physiologische Erscheinungen.

I. Abschnitt.

Allgemeine Eigenschaften der Körper.

1. Körper heißt jeder mit Materie (Stoff) erfüllte begrenzte Raum. — Volumen; Gestalt; Masse. — Physischer, mathematischer Körper.

2. Die **Ausdehnung** des Körpers wird nach drei Dimensionen (Richtungen) gemessen; Länge, Breite, Höhe (Dicke).

3. Die materiellen Teilchen eines Körpers können nicht denselben Raum mit denen eines anderen Körpers einnehmen: **Undurchdringlichkeit.**

4. Die **Teilbarkeit** läßt sich ins Unendliche ausführbar denken. Kleine Massenteilchen heißen Moleküle. (Ueber Atome, siehe Anhang § 3).

5. Porosität. Poren sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Molekülen. Je kleiner die Poren, desto größer ist die Dichtigkeit des Körpers, desto größer die Masse bei bestimmtem Volumen.

6. Beweglichkeit. Jeder Körper kann aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung, und umgekehrt, versetzt werden.

7. Durch das **Beharrungsvermögen** (die Trägheit) verharrt der Körper so lange in dem Zustande, in dem er sich befindet, sowohl dem der Bewegung, wie dem der Ruhe, bis eine Ursache (Kraft) ihn in den entgegengesetzten Zustand versetzt.

8. Vermöge der **Dehnbarkeit** kann das Volumen eines Körpers vergrößert, vermöge der **Zusammendrückbarkeit** verkleinert werden. Vermöge der **Elastizität** nimmt er seine

frühere Gestalt von selbst wieder an, wenn die ausdehnende oder zusammendrückende Kraft zu wirken aufhört, und wenn die Formveränderung gewisse Grenzen nicht überschritten hat.

9. Die **Anziehung** (Attraktion) der Teilchen eines und desselben Körpers heißt Zusammenhang oder **Kohäsion.** Die Stärke der Kohäsion bedingt die Festigkeit des Körpers; (absolute, relative, rückwirkende und Torsions-Festigkeit: Widerstand gegen das Zerreißen, Zerbrechen, Zerdrücken und Zerdrehen).

Die Flächenanziehung zwischen verschiedenen, sich berührenden Körpern heißt Anhang oder **Adhäsion.**

Die Anziehung der Erde gegen alle ihr zugehörigen Körper heißt **Schwere,** die aller Körper, auch der Weltkörper, unter einander heißt allgemeine Schwere oder **Gravitation.**

10. Jeder Körper befindet sich in einem gewissen **Aggregatzustande.** Ist die Kohäsion so groß, daß die einzelnen Teilchen nur schwer verschiebbar sind, so heißt der Körper **fest,** sind die Teilchen leicht verschiebbar, **flüssig** (tropfbarflüssig), stoßen die Teilchen einander ab, **luftförmig** (ausdehnsam-flüssig).

11. Vermöge der Schwere übt jeder Körper einen **Druck** auf die Unterlage (oder Zug an seinem Aufhängepunkte) aus. Dieser Druck ist das (absolute) **Gewicht** des Körpers. Die Größe des Gewichts hängt ab von dem Volumen und der Dichtigkeit.

Als Gewichtseinheit dient das Gramm (das Gewicht eines Kubikcentimeters destillierten Wassers von größter Dichtigkeit § 241).

12. Verschiedene Körper haben bei gleichem Volumen verschiedenes Gewicht.

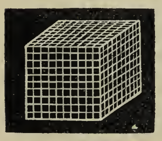


Fig. 1.

Die Zahl, welche angiebt, wieviel mal so schwer ein Körper ist, als ein gleiches Volumen Wasser, heißt das **specifische Gewicht,** (Volum-Gewicht, Dichte) dieses Körpers.

Das spec. Gewicht ist also auch die Anzahl Gramm, welche ein Kubikcentimeter des betreffenden Körpers wiegt.

13. Ist g das in Grammen ausgedrückte absolute Gewicht eines Körpers und v das Volumen desselben in Kubikcentimetern, so ist $\frac{g}{v}$ das spec. Gewicht. Bei der Bestimmung des spec. Gewichts luftförmiger Körper dient die atmosphärische Luft als Einheit.

14. Tabelle der specifischen Gewichte einiger Körper.

Platina	21,3	Granit	2,8	Buchenholz	0,81
Gold	19,33	Glas	2,6	Alkohol	0,79
Quecksilber	13,6	Schwefel	2	Tanne	0,61
Blei	11,38	Schwefelsäure	1,84	Kork	0,24
Silber	10,5	Milch	1,03	———	
Kupfer	8,9	Wasser	1	Atm. Luft	1
Eisen, Stahl	7,8	Natrium	0,97	Wasserstoff	0,069
Zinn	7,29	Eis	0,92	Stickstoff	0,971
Zink	7,2	Baumöl	0,92	Sauerstoff	1,106
Diamant	3,5	Eichenholz	0,82	Kohlensäure	1,529

II. Abschnitt.

Gleichgewicht (Ruhe) und Bewegung.
(Statik und Dynamik.)

15. Ein Körper ist in **Ruhe,** wenn er seine Lage im Raume nicht ändert, d. i. wenn keine bewegende Kraft auf ihn einwirkt, oder wenn die auf ihn wirkenden Kräfte sich das Gleichgewicht halten. — Absolute und relative Ruhe.

Ein Körper ist in **Bewegung,** wenn er seine Stellung zu ruhenden Körpern verändert. — Scheinbare Ruhe und Bewegung.

16. Die Bewegung ist gleichförmig, wenn in gleichen Zeiten gleiche Strecken der Bahn zurückgelegt werden, sie ist ungleichförmig, wenn in gleichen Zeiten ungleiche Strecken zurückgelegt werden. Eine ungleichförmige Bewegung ist eine beschleunigte, wenn in jedem folgenden Zeitteile eine größere Strecke, sie ist eine verzögerte, wenn in jedem folgenden Zeitteile eine kleinere Strecke zurückgelegt wird.

Je größer die in einer bestimmten Zeit zurückgelegte Strecke ist, desto größer ist die Geschwindigkeit.

Geschwindigkeit ist die Anzahl Meter, die ein Körper in einer Sekunde zurücklegt.

17. Die Geschwindigkeiten zweier Körper verhalten sich:
bei gleichen Zeiten — wie die Räume: $V : v = S : s$*)

---

*) Für den einen Körper ist V die Geschwindigkeit, S der Raum und T die Zeit,
für den anderen Körper ist v = = , s = = = t = =

bei gleichen Räumen — umgekehrt wie die Zeiten: $V : v = t : T$;
bei ungleichen Zeiten und ungleichen Räumen — wie die Räume dividiert durch die Zeiten: $V : v = \frac{S}{T} : \frac{s}{t} = St : sT$.

18. Eine gleichförmige Bewegung wird hervorgebracht durch einen einmaligen, plötzlichen Stoß oder Zug (Momentankraft). Die Kraft muß um so größer sein, je größer die Masse des zu bewegenden Körpers und je größer die Geschwindigkeit ist.

Die Wirkung eines sich bewegenden Körpers (die Größe der Bewegung) ist proportional der Masse und der Geschwindigkeit.

19. Wirken zwei (oder mehrere) Kräfte gleichzeitig auf einen Körper, so ist das Resultat dasselbe, als wenn die Kräfte nach einander gewirkt hätten.

20. Wirken die Kräfte in derselben Richtung, so bewegt sich der Körper in dieser Richtung gleichförmig fort, und zwar mit der **Summe der Kräfte.**

Wirken die Kräfte in entgegengesetzter Richtung, so bewegt sich der Körper in der Richtung der größeren Kraft u. z. mit der **Differenz der Kräfte.**

21. Wirken zwei Kräfte gleichzeitig, aber in verschiedenen Richtungen (unter einem Winkel) auf einen Körper, so bewegt sich dieser längs der Diagonale des **Parallelogramms der Kräfte,** eines Parallelogramms, dessen Seiten die Richtungen und Größe der beiden Kräfte darstellen. — Seitenkräfte (Komponenten), Mittelkraft (Resultierende).

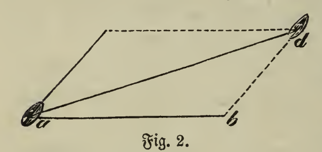


Fig. 2.

Bei rechtwinklig angreifenden Kräften a und b ist die Resultierende $c = \sqrt{a^2 + b^2}$.

Zusammensetzung der Kräfte. Zerlegung der Kräfte. Senkrecht und schief angreifende Kräfte. — Gleichgewicht.

22. Die Hindernisse der Bewegung sind: Die **Reibung** (Rauhigkeit der Bahn), der Widerstand des Mittels (Luft oder Wasser) und die Unbiegsamkeit (Steifigkeit) der Seile. —

Die verschieden große Reibung beim Rollen und Gleiten eines Körpers. — Der Widerstand des Mittels ist um so größer, je dichter dasselbe, je größer die Geschwindigkeit des bewegten Körpers und je größer die das Mittel zerteilende Fläche ist.

A. Gleichgewicht und Bewegung fester Körper.

23. Ist ein an einem Punkt aufgehängter Körper in Ruhe, und denkt man sich durch den Aufhängepunkt eine lotrechte Linie gezogen, so ist dies eine Schwerlinie des Körpers.

Das Lot (Bleilot, Senkblei). Die Setzwage (mit dem Richtscheit).



Fig. 3.

Alle Schwerlinien eines Körpers schneiden sich in einem Punkte und dies ist der **Schwerpunkt** des Körpers.

24. Ist ein Körper in seinem Schwerpunkt unterstützt, so ist er in jeder Lage im Gleichgewicht. Indifferentes Gleichgewicht. — Ist der Körper an einem Punkte aufgehängt, der senkrecht über dem Schwerpunkt liegt, so ist das Gleichgewicht ein stabiles; ruht er auf einem Punkte, der senkrecht unter dem Schwerpunkt liegt, so ist das Gleichgewicht ein labiles. (Fig. 3.)

Ein Körper steht um so fester, je größer die Unterstützungsfläche ist und je tiefer der Schwerpunkt liegt (Fig. 4). — Schiefer Turm zu Pisa.

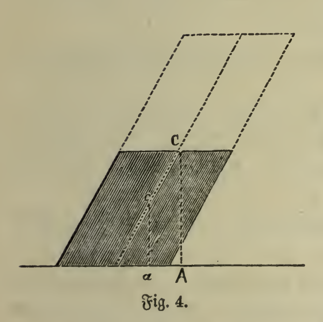


Fig. 4.

25. Ein um einen festen Punkt oder eine feste Axe drehbarer Stab ist ein **Hebel.**

Denkt man sich eine um einen Punkt drehbare unbiegsame (gewichtlose) Linie, so hat man einen mathematischen Hebel.

Beim Hebel unterscheidet man den Drehpunkt (Unterstützungspunkt), die Angriffspunkte der Kraft und der Last, und die Hebelarme (Abstände der Angriffspunkte vom Unterstützungspunkt).

Sind die Angriffspunkte auf verschiedenen Seiten des Unterstützungspunktes, so ist der Hebel **zweiarmig,** sind sie auf derselben Seite: **einarmig.**

Geradlinige, gebogene, Winkel-Hebel.

Sind beim zweiarmigen Hebel beide Arme gleich lang, so heißt er **gleicharmig**, sonst **ungleicharmig.**

26. Ein **gleicharmiger Hebel** ist im Gleichgewicht (in Ruhe), wenn die Kraft gleich der Last ist.

27. Ein **ungleicharmiger Hebel** ist im Gleichgewicht, wenn am kürzeren Arm die größere Kraft (oder Last) wirkt u. z. so, daß die Kräfte sich umgekehrt verhalten, wie ihre Hebelarme. Hebelgesetz des Archimedes († 212 v. Chr.) (Fig. 5 u. 6).

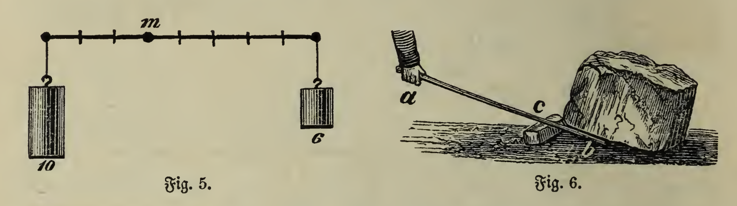


Fig. 5. Fig. 6.

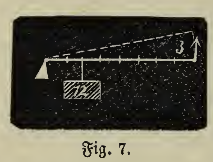


Fig. 7.

28. Ein **einarmiger Hebel** ist im Gleichgewicht, wenn die Kräfte in entgegengesetzter Richtung wirken, und sich umgekehrt verhalten, wie ihre Hebelarme, (von denen hier der kleinere ein Teil des größeren ist).

29. Das Produkt aus Kraft und zugehörigem Hebelarm heißt das **statische Moment.** Alle Hebel sind im Gleichgewicht, wenn die statischen Momente von Kraft und Last einander gleich sind.

30. Durch einen leichten Stoß kann man einen im Gleichgewicht befindlichen Hebel in Drehung versetzen.

Beim gleicharmigen Hebel beschreiben dann die gleichen Massen gleiche Wege; beim ungleicharmigen Hebel und auch beim einarmigen beschreibt die kleinere Masse einen größeren Weg u. z. so, daß die Wege sich umgekehrt verhalten wie die Massen.

Kraftgewinn wird durch Zeitverlust aufgehoben. Gesetz von der **Erhaltung der Kraft.**

31. Wirken an einem Hebel mehr als zwei Kräfte, so ist Gleichgewicht vorhanden, wenn die Summe der statischen Momente auf beiden Seiten des Unterstützungspunktes dieselbe ist.

32. Eine Anwendung des gleicharmigen Hebels ist die gewöhnliche Wage. — Wagebalken, Schneide, Gabel, Zunge, Wagschalen. (Die Schneide muß nahe über dem Schwerpunkte sein.)

Die **Schnellwage** (Fig. 8) ist ein ungleicharmiger Hebel. — Laufgewicht.

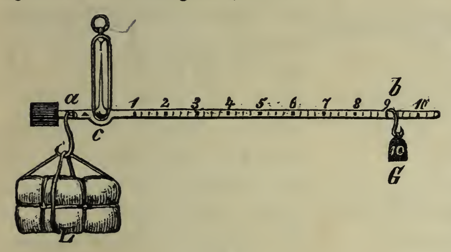


Fig. 8.

Bei der **Brückenwage** (Fig. 9) sind zwei einarmige Hebel so mit einem ungleicharmigen verbunden, daß die Last mit $1/_{10}$ des Gewichts im Gleichgewicht gehalten wird. — Decimalwage. (Es muß $go = 10\,ho$ sein, und $ho : fo = em : ed$).

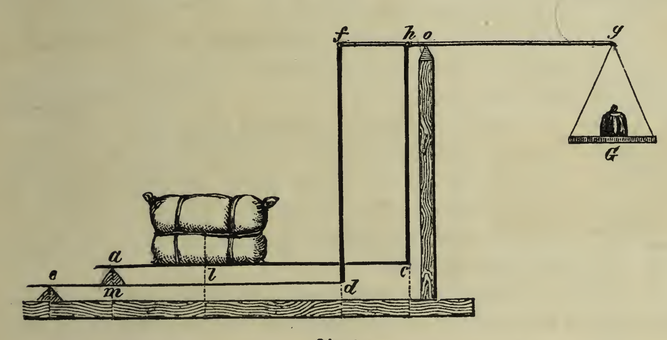


Fig. 9.

33. Die **Rolle** ist eine um eine Achse drehbare kreisrunde Scheibe mit rinnenförmig ausgehöhltem Rande zur Aufnahme eines Seils. Sie wirkt wie ein Hebel und dient zur Umsetzung der Bewegungsrichtung.

34. Die **feste Rolle** (Fig. 10) dreht sich um eine feste Achse; sie wirkt wie ein gleicharmiger Hebel; Kraftersparnis findet nicht statt. — Die Radien des Kreises sind die Hebelarme.

35. Das Rad an der Welle oder **Wellrad** (zwei ungleiche feste Rollen auf derselben Achse) wirkt wie ein ungleicharmiger Hebel. Greift die Kraft an der Peripherie des Rades an, so wird Kraft gespart, greift sie an der Welle an, so wird die Geschwindigkeit der Last vermehrt.

Fig. 10.

Der **Haspel** (Fig. 11) (mit horizontaler Achse), die Winde (mit vertikaler Achse). Kurbel. — Windmühle. Wasserrad. Göpel.

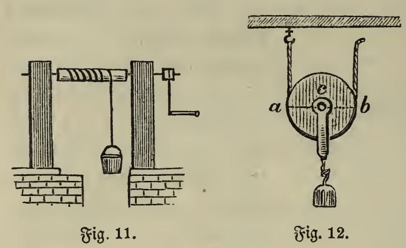


Fig. 11. Fig. 12.

36. Die **bewegliche Rolle** (Fig. 12) dreht sich um eine sich fortbewegende Achse; sie wirkt wie ein einarmiger Hebel. Der Hebelarm der Last ist der Radius, der der Kraft ist der Durchmesser des Kreises. Es wird die Hälfte an Kraft gespart.

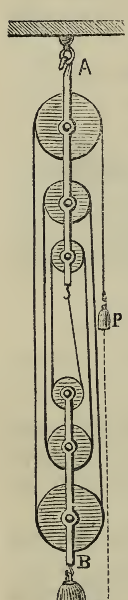


Fig. 13.

37. Der Potenzflaschenzug besteht aus einer festen und mehreren beweglichen Rollen. Die Krafterspарnis wächst mit der Anzahl der beweglichen Rollen, u. z. nach den Potenzen von 2. — Sind n bewegliche Rollen vorhanden, so verhält sich die Kraft zur Last wie 1 zu 2^n. — Reibungswiderstände.

38. Der **gemeine Flaschenzug** (Fig. 13) besteht aus zwei Kloben (Flaschen); in dem einen befinden sich feste Rollen, in dem anderen eine gleiche Anzahl beweglicher Rollen. Die Kraft braucht nur der sovielte Teil der Last zu sein, als die Anzahl der Rollen beträgt, weil eben so viele Seile durch die Last gespannt sind.

Der Differential-Flaschenzug besteht aus einem Wellrad, einer beweglichen Rolle und einer Kette ohne Ende. — Die Kraft verhält sich zur Last wie die Differenz der Durchmesser (am Wellrad) zum doppelten Durchmesser des Rades.

39. Zur Fortleitung einer Bewegung in zusammengesetzten Maschinen dienen: die Treibwellen, Schnur ohne Ende, **gezahnte Räder** (Stirnräder, Kronräder), **Zahnstange** und **Getriebe** (Triebstöcke). — Uhrwerk. Fuhrmannswinde. Krahn. Mühle.

40. Während eine momentan wirkende Kraft einem Körper eine Bewegung mitteilt, die durch das Beharrungsvermögen eine gleichförmige wird, erzeugt eine andauernd und mit gleicher Stärke wirkende Kraft eine gleichförmig beschleunigte Bewegung. Eine solche Kraft ist die Schwere d. i. die Anziehung der Erde; die Körper fallen daher zur Erde mit gleichförmig zunehmender Geschwindigkeit.

41. Im luftleeren Raume fallen alle Körper gleich

schnell, im lufterfüllten (sowie im Wasser) fallen sie um so langsamer, eine je größere Fläche sie bei geringem Gewicht dem Widerstande der Luft (des Wassers) darbieten (§ 22).

42. Beim **freien Fall** durchläuft der Körper
in der 1sten Sekunde 1×5^m (genauer $4{,}905^m$),
" " 2ten " 3×5^m,
" " 3 " " 5×5^m,
" " 4 " " 7×5^m u. s. f.

In der nten Stunde die nte ungerade Zahl mal 5^m, d. i. $(2n-1) \times 5^m$.
Die Fallräume in den einzelnen Sekunden verhalten sich wie die ungeraden Zahlen.

43. Addiert man die Fallräume der einzelnen Sekunden, so ergiebt sich, daß der durchlaufene Raum
in 1 Sekunde 1×5^m, d. i. $1 \times 1 \times 5^m$
" 2 Sekunden 4×5^m, " $2 \times 2 \times 5^m$
" 3 " 9×5^m, " $3 \times 3 \times 5^m$
" 4 " 16×5^m beträgt, u. s. f.

In n Sekunden $n \times n \times 5^m$ oder $n^2 \times 5^m$.
Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten.

44. Die **Endgeschwindigkeit** am Ende der ersten Sekunde, d. h. die Geschwindigkeit, mit der der Körper sich gleichförmig fortbewegen würde, wenn die Schwere plötzlich zu wirken aufhörte, ist 2×5^m, am Ende der zweiten Sekunde 4×5^m, am Ende der dritten Sekunde 6×5^m u. s. f. nach dem Verhältnis der Zeiten.

Fig. 14.

Nach n Sekunden ist die Endgeschwindigkeit $2n \times 5^m$.
Galiléi's Fallrinne (1602). Atwood's Fallmaschine (1781).

45. Wird ein Körper senkrecht **abwärts** geworfen, so addiert sich die Wurfgeschwindigkeit zu der Fallgeschwindigkeit.

Ist die Wurfgeschwindigkeit v, so legt der Körper in n Sekunden $n^2 \times 5^m + n \times v^m$ zurück.

46. Wird ein Körper senkrecht **aufwärts** geworfen, so subtrahiert sich die Fallgeschwindigkeit von der Wurfgeschwindigkeit. Ist die Wurfgeschwindigkeit v, so legt der Körper in n Sekunden $n \times v^m - n^2 \times 5^m$ zurück.

47. Soll ein Körper n Sekunden steigen (und dann fallen), so muß ihm eine Wurfgeschwindigkeit mitgeteilt werden, die gleich der Endgeschwindigkeit eines n Sekunden lang fallenden Körpers ist, also $2n \times 5^m$. Ist $v = 2n \times 5^m$, dann steigt der Körper n Sekunden und fällt dann auch n Sekunden, ist also nach 2n Sekunden wieder am Anfangspunkte der Bahn.

In diesen 2n Sekunden legt er einen Weg von $2n \times v - (2n)^2 \times 5^m$ zurück, d. i. $2nv - 4n^2 \times 5$; und ist $v = 2n \times 5$, so ist $2nv - 4n^2 \times 5 = 0$.

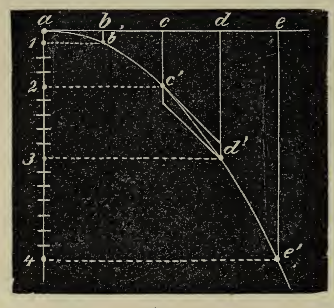


Fig. 15.

48. Wird ein Körper in **horizontaler** Richtung fortgeschleudert, so wird er durch die Schwere stetig von der Anfangsrichtung abgelenkt und beschreibt eine krummlinige Bahn — eine Parabel.

Der horizontal geworfene Körper erreicht die Erde in derselben Zeit, in der er sie beim freien Fall erreicht hätte, und er entfernt sich soweit vom Anfangspunkt, als er durch die Wurfkraft allein gelangt wäre.

49. Wird ein Körper **schräg aufwärts** geworfen, so ist seine Bahn ebenfalls eine Parabel, deren Scheitel um so höher liegt, je größer die Wurfkraft und je größer der Elevationswinkel (Erhebungswinkel) ist.

Die größte Wurfweite ergiebt sich bei einem Elevationswinkel von 45°.

Durch den Widerstand der Luft verwandelt sich die Parabel in eine andere krumme Linie, die ballistische Kurve. (Artillerie.)

50. Wird einem Körper eine seitliche Bewegung erteilt, während er gleichzeitig nach einem festen Mittelpunkte hingezogen wird, so erlangt er eine **Centralbewegung.** Centralkraft und Tangentialkraft (Centripetal- und Centrifugalkraft). Schwungkraft. Abplattung der Erde an den Polen.

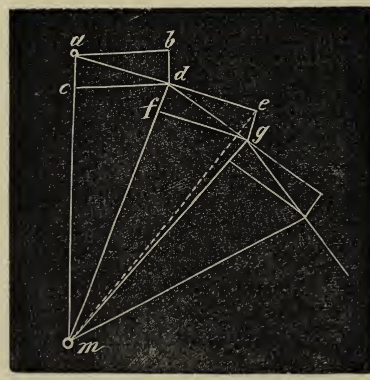


Fig. 16.

51. Keppler's († 1631) **Gesetze der Planetenbewegung.**

1. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne sich befindet.
2. Die Bewegung ist eine ungleichförmige, in gleichen Zeiten beschreiben die radii vectores gleiche Flächenräume.
3. Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

52. Newton's († 1727) **Gravitationsgesetz:** Alle Körper ziehen einander mit einer Kraft an, die der Größe der Massen direkt und den Quadraten der Entfernung indirekt proportional ist.

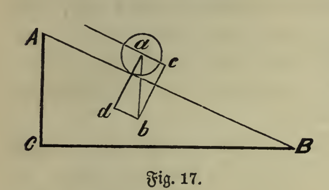


Fig. 17.

53. Auf einer **schiefen Ebene** gleitet oder rollt ein Körper um so schneller herab, je steiler sie ist. — Basis, Länge, Höhe und Neigungswinkel der schiefen Ebene. (Fig. 17.)

54. Der Druck auf die schiefe Ebene verhält sich zum Gewicht des Körpers, wie die Basis der schiefen Ebene zur Länge derselben.

55. Die Gleit- oder Rollgeschwindigkeit verhält sich zur Fallgeschwindigkeit wie die Höhe der schiefen Ebene zur Länge.

Die Endgeschwindigkeit ist gleich der beim freien Fall von derselben Höhe herab.

56. Haben zwei schiefe Ebenen gleiche Länge, aber verschiedene Höhe, so verhalten sich die Rollgeschwindigkeiten auf denselben wie die Höhen.

Sind die Höhen gleich, aber die Längen verschieden, so verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Längen.

Sind endlich sowohl die Höhen wie die Längen verschieden, so verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Höhen dividiert durch die Längen, (oder wie die Sinus der Neigungswinkel).

57. Eine Last wird auf einer schiefen Ebene um so leichter gehalten oder auch hinaufgeschoben, je kleiner der Neigungswinkel der letzteren ist. — Schrotleiter, Treppe, Gebirgswege.

Der geringere Kraftverbrauch wird durch den größeren Zeitaufwand ausgeglichen.

58. Die Widerstandskraft muß sich zur Last verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

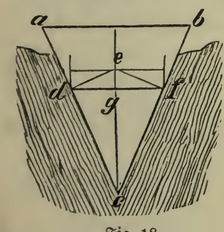


Fig. 18.

Die Reibung (§ 22) ist proportional dem Druck. Auf einer Chaussee beträgt sie etwa $^1/_{25}$, auf der Eisenbahn $^1/_{360}$ der Last.

59. Der **Keil** (Fig. 18) ist eine bewegliche schiefe Ebene; er wird nach denselben Gesetzen unter eine Last (einen Widerstand) geschoben, wie dieselbe Last eine schiefe Ebene hinaufgleitet. — Meißel, Messer, Spaten, Nadeln, Nägel, Schneidezähne u. s. w.

60. Der Keil ist als doppelte schiefe Ebene anzusehen. Die Kraft verhält sich zum Widerstand, wie die Dicke des Rückens (Höhe) zur Seitenlinie (Länge) des Keils.

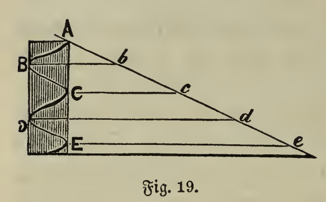


Fig. 19.

61. Die **Schraube** (Fig. 19) ist eine spiralförmig um eine Spindel sich windende schiefe Ebene. — Schraubenmutter. (Mikrometerschraube.)

Die Kraftersparnis, aber auch der Zeitverlust ist um so größer, je kleiner die Höhe im Verhältnis zur Länge (Umfang) eines Schraubenganges ist. — Presse.



Fig. 20.

62. Ein **Pendel** (Fig. 20) ist ein an einem gespannten Faden oder Stabe hängender, hin und her schwingender Körper. Physisches Pendel, mathematisches Pendel.

Die einzelnen Schwingungen eines und desselben Pendels sind von gleicher Zeitdauer. — Pendeluhren (Huygens 1657).

Kurze Pendel schwingen schneller, lange langsamer. Einfluß auf den Gang der Uhr.

63. Aus der senkrechten, der Gleichgewichtslage gebracht, schwingt das Pendel mit ungleichförmig beschleunigter Bewegung in die senkrechte Lage zurück und dann mit ungleichförmig verzögerter Bewegung weiter bis nahe zu gleicher Höhe mit dem Ausgangspunkt und so fort, bis der Widerstand der Luft und die Reibung am Aufhängepunkt es zur Ruhe bringen.

64. Die Schwingungszeiten zweier Pendel verhalten sich zu einander wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen. (Galilei.) — Sekundenpendel, nahezu 1^{m} lang (in Berlin 0,994^{m}).

65. Das physische Pendel schwingt schneller als ein gleich langes einfaches Pendel, weil die oberen Teile die unteren beschleunigen.

66. Die Schwingungsrichtung des Pendels bleibt unverändert, auch wenn der Aufhängepunkt in anderer Richtung fortrückt.

Foucault's Pendelversuch zum Beweise für die Achsendrehung der Erde. — In Berlin weicht das Pendel stündlich um c. 12° ab.

67. Rotiert ein Körper schnell um eine freie Achse, um

welche die Masse nach allen Seiten gleich verteilt ist, so hat die Rotationsachse das Bestreben, ihre Richtung im Raume unverändert beizubehalten. — Kreisel. Erdachse.

68. Strebt irgend eine störende Kraft die Richtung dieser Achse zu ändern, so beschreibt die Rotationsachse einen Kegelmantel. — Die Präcession der Nachtgleichenpunkte.

69. Das Zusammentreffen zweier Körper, von denen sich wenigstens einer bewegt, heißt **Stoß**.

70. Bewegen sich zwei **unelastische** Kugeln von gleicher Masse und mit gleicher Geschwindigkeit gegen einander, so kommen sie nach dem Stoße beide zur Ruhe.

Dasselbe findet statt, wenn die Massen ungleich sind, sich aber umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten.

71. Bewegen sich zwei unelastische Kugeln von gleicher Masse mit ungleicher Geschwindigkeit gegen einander, so bewegen sich beide in der Richtung der schnelleren Kugel weiter, u. z. mit der halben Differenz der beiden Geschwindigkeiten.

72. Stößt eine unelastische bewegte Kugel auf eine ruhende von gleicher Masse, so bewegen sich beide in derselben Richtung mit der halben Geschwindigkeit weiter.

73. Bewegen sich zwei unelastische Kugeln von gleicher Masse aber ungleicher Geschwindigkeit hinter einander, u. z. so, daß die hintere die schnellere ist, so bewegen sich beide nach dem Stoße mit der halben Summe beider Geschwindigkeiten weiter fort.

74. Stößt eine bewegte **elastische** Kugel auf eine ruhende von gleicher Masse, so bewegt diese sich mit derselben Geschwindigkeit in derselben Richtung, während jene zur Ruhe kommt.

75. Stoßen zwei elastische Kugeln von gleichen Massen und mit gleichen Geschwindigkeiten auf einander, so bewegen sich beide mit denselben Geschwindigkeiten rückwärts.

76. Stoßen sie mit ungleichen Geschwindigkeiten auf einander, so bewegen sie sich mit vertauschten Geschwindigkeiten rückwärts.

77. Folgt eine elastische Kugel einer anderen von gleicher Masse, so gehen sie beide nach dem Stoß in derselben Richtung, aber mit vertauschter Geschwindigkeit weiter.

78. Beim **schiefen** Stoß gehen beide Kugeln unter einem rechten Winkel aus einander.

79. Trifft eine **elastische** Kugel eine feste Wand senkrecht, so prallt sie senkrecht zurück.

Trifft sie die Wand unter einem spitzen Winkel, so prallt sie jenseits des Einfallslots unter gleichem Winkel zurück. Reflexion. — Billard.

B. Gleichgewicht und Bewegung tropfbar-flüssiger Körper (Hydrostatik und Hydraulik).

80. Flüssigkeiten haben keine selbständige Form. Wegen der geringen Kohäsion und leichten Verschiebbarkeit der Teilchen nimmt jede Flüssigkeit unter der Einwirkung der Schwere die Form ihres Gefäßes an. — Tropfenbildung.

Die Oberfläche (der Spiegel) einer ruhenden Flüssigkeit hat überall gleichen Abstand vom Mittelpunkt der Erde. Gekrümmte Meeresfläche.

Kleine Flüssigkeits-Oberflächen erscheinen als horizontale Ebenen.

81. Die flüssigen Körper pflanzen jeden Druck, welcher auf einen Teil ihrer Oberfläche ausgeübt wird, nach allen Seiten gleichmäßig fort.

Die Größe des Drucks ist der Größe des gedrückten Flächenteils proportional. — Brahma's (1797) **hydraulische Presse** (Fig. 21).

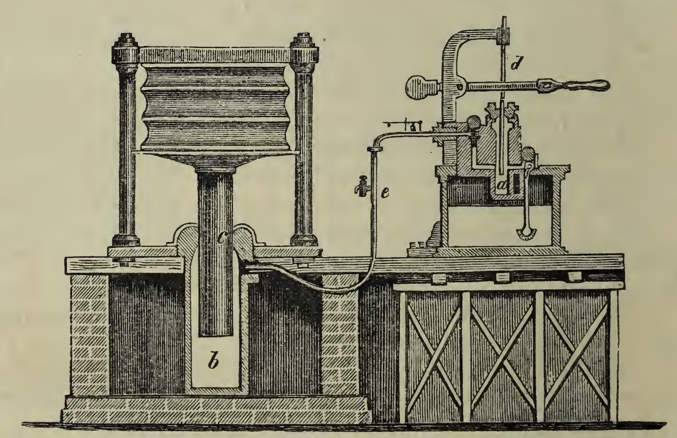


Fig. 21.

82. Jedes ruhende Flüssigkeitsteilchen wird von allen Seiten gleich stark gedrückt. — Auftrieb. Die Größe des Drucks hängt von der Tiefe unter dem Spiegel der Flüssigkeit ab. —

In derselben horizontalen Ebene erleiden alle Flüssigkeitsteilchen einen gleichen Druck.

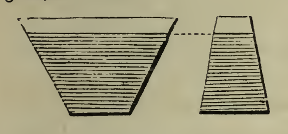


Fig. 22.

83. Der *Bodendruck* ist unabhängig von der Form des Gefäßes und der Menge der Flüssigkeit (Fig. 22); er ist gleich dem Gewichte einer vertikalen Flüssigkeitssäule, deren *Grundfläche* der Boden dieses Gefäßes, und deren *Höhe* die Entfernung des Spiegels vom Boden ist. — Real's Presse (Fig. 23).

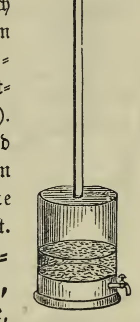


Fig. 23.

84. Der *Seitendruck* auf einen Teil der Gefäßwand ist gleich dem Gewicht einer vertikalen Flüssigkeitssäule, deren Grundfläche gleich diesem Teile der Wand, und deren Höhe die Entfernung des Schwerpunktes derselben von dem Spiegel ist.

85. In **kommunizierenden Gefäßen,** auch von ungleicher Weite, liegen die Flüssigkeits-Oberflächen in derselben Horizontalebene (steht die Flüssigkeit gleich hoch) (Fig. 24). Wasserwage. Wasserleitung. Artesischer Brunnen. Springbrunnen. (Fig. 25).

Fig. 24. Fig. 25.

86. Verschiedenartige Flüssigkeiten *halten* sich in kommunizierenden Röhren das Gleichgewicht, wenn sich die Höhen umgekehrt verhalten wie die spezifischen Gewichte.

87. An den Wänden der Gefäße steht eine *benetzende* Flüssigkeit *höher* (Fig. 26), eine *nicht benetzende tiefer* (Fig. 27) als in der Mitte; dort ist die Adhäsion überwiegend, hier die Kohäsion.



Fig. 26. Fig. 27.

88. In engen Röhren, **Kapillarröhrchen,** steht eine benetzende Flüssigkeit *höher* (Fig. 28), eine nicht benetzende *tiefer* (Fig. 29) als der Spiegel der Flüssigkeit außerhalb. — Saugkraft poröser Körper.

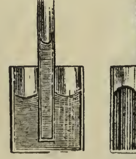


Fig. 28. Fig. 29.

89. Beim Ausfluß aus einer am Boden oder an der Seitenwand des

Gefäßes befindlichen Oeffnung ist die **Ausflußgeschwindigkeit** so groß, wie die Endgeschwindigkeit eines frei fallenden Körpers, der von dem Spiegel der Flüssigkeit bis zur Ausflußöffnung herabfiele. — Parabolische Ausflußstrahlen.

90. Die Ausflußgeschwindigkeiten aus verschieden hohen Öffnungen verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen.

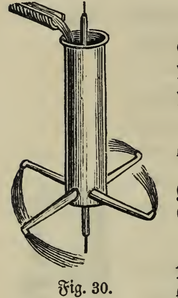


Fig. 30.

91. Beim Ausfluß aus der Seitenöffnung eines frei aufgehängten Gefäßes bewirkt der Druck auf die gegenüberliegende Wand ein Neigen des Gefäßes nach jener Seite hin. Segner's Reaktionsrad. (Fig. 30.) Turbinen.

92. Werden mehrere Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischen Gewicht in dasselbe Gefäß gegossen, so nimmt die specifisch schwerere eine tiefere Stelle ein. — Quecksilber, Wasser, Oel, Spiritus.

Mischbare Flüssigkeiten (Wasser und Spiritus), bilden nach kurzer Zeit eine gleichartige Mischung. (Diffusion der Flüssigkeiten.)

93. Sind mischbare Flüssigkeiten durch eine poröse Scheidewand, (tierische oder pflanzliche Membran), getrennt, so mischen sie sich doch allmählich, auch wenn die specifisch schwerere anfangs unten war. — Aufsteigen des Saftes in den Pflanzenzellen. Endosmose und Exosmose (Dutrochet).

94. Jeder in eine Flüssigkeit getauchte feste Körper verliert von seinem Gewichte gerade so viel, als die aus der Stelle gedrängte Flüssigkeit wiegt: **Das Archimedische Princip.**

95. Ist ein fester Körper specifisch schwerer als eine Flüssigkeit, so sinkt er darin unter.

Ist sein specifisches Gewicht dem der Flüssigkeit gleich, so schwebt er unter dem Spiegel der Flüssigkeit.

Ist der feste Körper specifisch leichter als die Flüssigkeit, so taucht er nur so weit ein, daß die verdrängte Flüssigkeit so viel wiegt, wie der ganze Körper.



Fig. 31.

96. Mittels des Archimedischen Princips wird das spez. Gewicht eines in Wasser unlöslichen Körpers gefunden, indem man sein absolutes Gewicht dividiert durch den Gewichtsverlust im Wasser.

Hydrostatische Wage. Nicholson's Senkwage (Fig. 31).

Um das specifische Gewicht von Körpern zu bestimmen, die leichter sind als Wasser, verbindet man sie mit schweren Körpern (z. B. Blei), deren Gewichtsverlust im Wasser vorher bestimmt worden.

97. Um das specifische Gewicht einer Flüssigkeit zu finden, bestimmt man den Gewichtsverlust eines darein getauchten Körpers, dessen Gewichtsverlust im Wasser bekannt ist, und dividiert jenen Gewichtsverlust durch diesen.

Skalen-Aräometer. (Fig. 32). Alkoholometer, Bierwage, Salzspindel. Sie tauchen um so tiefer ein, je leichter die Flüssigkeit ist.

98. Wird das Gleichgewicht einer ruhenden Wasserfläche durch Senken oder Heben eines Wasserteilchens gestört, so stellt sich das Gleichgewicht nur allmählich wieder her, indem sich concentrische Kreise, **Wellen** bilden (Fig. 33). — Wellenberge, Wellentäler, Fortschreiten der Wellen (aber nicht des Wassers). Gebrüder Weber 1825.

99. Stößt ein Wellensystem gegen eine feste Wand, so wird es nach den Gesetzen elastischer Körper reflektiert (§ 79).

Geht es durch eine enge Öffnung hindurch, so bilden sich jenseits zwei neue Wellensysteme. (Beugung der Wellen, Inflexion).

Fig. 32. Fig. 33.

100. Durchkreuzen sich zwei Wellensysteme, so entstehen an den Kreuzungsstellen Wellenberge von doppelter Höhe, Wellenthäler von doppelter Tiefe und Ausgleichungen von Berg und Thal — Interferenz der Wellen.

C. Gleichgewicht und Bewegung elastisch flüssiger (luftförmiger) Körper.

(Aërostatik und Aërodynamik).

101. Die Moleküle der **luftförmigen Körper** oder Gase haben das Bestreben sich möglichst weit von einander zu entfernen; sie füllen daher den ihnen gebotenen Raum ganz aus; sie können aber auch auf ein sehr kleines Volumen zusammengepreßt werden. — Expansion und Kompression (Elasticität).

102. Das Volumen eines Gases nimmt in demselben Maße ab, wie der darauf ausgeübte Druck zunimmt; das Volumen steht also im umgekehrten Verhältnis zum Druck. — **Mariotte's Gesetz.**

103. Verschiedenartige Luftarten lagern sich **nicht** nach ihren specifischen Gewichten, sondern durchdringen einander vollständig. — **Diffusion der Gase.** (Sauerstoff und Stickstoff der atmosphärischen Luft).



Fig. 34.

104. Da die **Luft** spezifisch leichter ist, als alle **festen** und **flüssigen** Körper*), so wird sie von diesen leicht aus einem Gefäße verdrängt; sie zeigt sich aber **undurchdringlich**, wenn sie nicht entweichen kann (Fig. 34). — Taucherglocke.

105. Die Luft übt nach allen Seiten einen **Druck** aus; sie dringt daher in jeden Raum ein, der luftleer ist oder eine verdünntere Luft enthält, und drängt auch flüssige und feste Körper in solchen Raum hinein. — Das Saugröhrchen, die Spritze, das umgekehrte Glas Wasser (Fig. 35) u. s. w. — Siehe § 110.

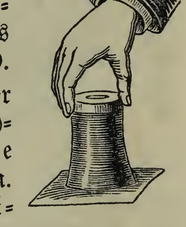


Fig. 35.

106. Der **Luftdruck** hält einer **Quecksilbersäule** von 76^{cm} das Gleichgewicht, vermag also eine **Wassersäule** von 13,6 mal $76^{cm} = 10{,}33^{m}$ zu tragen. — **Barometer** (Fig. 36). **Torricelli'sche** Leere (1643). Gefäß-, Phiolen- und Heberbarometer.

Der Luftdruck beträgt auf jedes qcm 1033 Gramm, auf jedes qm 206 Ctr. 60 Pfd.

107. Am größten ist der Luftdruck auf der Erdoberfläche im Niveau des Meeres, die oberen Schichten der Luft werden immer dünner und leichter; daher sinkt das Barometer um so mehr, je höher man sich über den Meeresspiegel erhebt. Auf Bergen von 2000^{m} Höhe steht es etwa 60^{cm} hoch.

Fig. 36.

108. Der Barometerstand nimmt in einem langsameren Verhältnis ab, als die Höhe zunimmt. Bei Erhebung von $10{,}5^{m}$ fällt das Barometer um 1^{mm}; es steht also nur noch 759^{mm} hoch. Bei einer Höhe von

*) Wasser ist 773 mal so schwer als atmosphärische Luft.

	500,	1000,	1500,	2000,	3000,	6000,	9000 m
steht es:	713,	670,	630,	592,	522,	359,	247 mm hoch.

In einer Höhe von $n \times 10{,}5$ m ist der Barometerstand $760 \left(\frac{759}{760}\right)^n$ mm.

In einer Höhe von 8 Meilen ist die Luft bereits dünner, als sie in einer guten Luftpumpe werden kann; dagegen muß sie in einer Tiefe von 100 Ml. schwerer sein als Gold. — Barometrische Höhenmessung.

109. Der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf wirkt ebenfalls auf das Barometer; dies steht demnach höher, wenn sich viel Wasser in der Luft auflöst, d. i. wenn dieselbe trocken und warm ist. Das Barometer sinkt daher auch, wenn der Wasserdampf sich zu kondensieren beginnt, d. i. wenn Regen bevorsteht. — Das Barometer als Wetterglas.

110. Auf den Gesetzen von dem Druck der Luft und der Spannkraft komprimierter Luft beruhen:

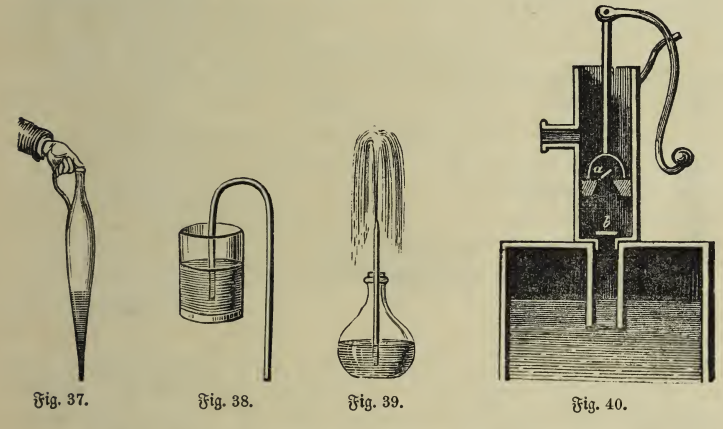


Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40.

a) Der Stechheber (Fig. 37); b) der Saugheber (Fig 38), (der Ausflußschenkel muß länger, als der Saugschenkel sein); c) der Vexierbecher und Zaubertrichter; d) der Heronsball (Fig. 39); e) der Heronsbrunnen; f) das carthesianische Teufelchen; g) die **Saugpumpe** (Fig. 40) (Saugrohr mit Bodenventil, Stiefel mit luftdicht schließendem Kolben und Kolbenventil, Ausgußrohr); h) die **Druckpumpe** (kurzes Saugrohr mit Bodenventil, Steigrohr mit Seitenventil, Stiefel mit luftdicht schließendem, massivem Kolben); i) die **Feuerspritze** (Fig. 41) (zwei Druckpumpen zu beiden Seiten des Windkessels, Steig=

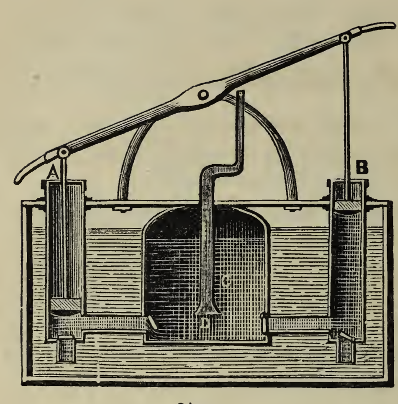


Fig. 41.

rohr mit Schlauch); k) die **Luftpumpe** (Otto von Guerike 1650). Ventilluftpumpe (Stiefel mit Bodenventil, Stempel oder Kolben mit Kolbenventil und Teller mit dem Recipienten) — Hahnluftpumpe (Fig. 42) (ohne Ventile, aber mit doppelt durchbohrtem Hahn; — zweistiefelige Luftpumpe mit dem Graßmannschen (dreifach durchbohrten) Hahn; l) die **Kompressionspumpe** (Stiefel mit Bodenventil und Seitenöffnung oben, massiver Stempel); m) die Magdeburger Halbkugeln (Fig. 43).

111. Auch in der Luft verliert jeder Körper so viel von seinem Gewichte, als die verdrängte Luftmasse wiegt. Körper von großem Volumen wiegen hoch in der Luft, (ebenso unter dem Recipienten der Luftpumpe) merklich mehr, als im Niveau des Meeres.

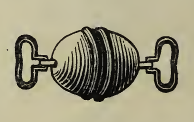


Fig. 42. Fig. 43.

112. Mit Gasen gefüllte Ballons, die specifisch leichter, als die atmosphärische Luft sind, schwimmen in derselben. **Luftballons.** Montgolfier (1783) füllte sie mit erhitzter Luft, Charles mit Wasserstoff, Green mit Leuchtgas.

Gay-Lussac erreichte 1804 eine Höhe von 7030^{m}.

113. An der Oberfläche fester Körper verdichten sich die Gase, in hohem Maße an porösen Körpern (Kohle, Platinschwamm).

Flüssigkeiten absorbieren (verschlucken) um so mehr von der sie umgebenden Luft, je größer der Druck der letzteren ist. Unter dem Recipienten der Luftpumpe entweicht das absorbierte Gas.

III. Abschnitt.

Vom Schall. (Akustik.)

114. Die Empfindung, welche die Schwingungen (Vibrationen) der Körper in unserem Ohr erzeugen, nennen wir **Schall.**

Regelmäßige, d. i. in gleichen Zeitintervallen sich wiederholende Schwingungen erzeugen einen Ton (Klang), unregelmäßige ein Geräusch.

115. Der Schall pflanzt sich durch feste, flüssige und luftförmige Körper fort, nicht aber durch den luftleeren Raum.

Die Geschwindigkeit des Schalles ist eine gleichförmige und in Wasser $4^1/_2$ mal, in festen Körpern 4 bis 17 mal größer als in der Luft.

116. Die Stärke des Schalls nimmt in dem Maße ab, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. Die Intensität des Schalles vermindert sich auch, wenn er durch verschieden dichte Medien geht.

117. In der Luft (bei 0°) ist die **Schallgeschwindigkeit** etwa 333^m in der Sekunde.

Die Schallgeschwindigkeit steigt auf je 5^0 um 3^m.

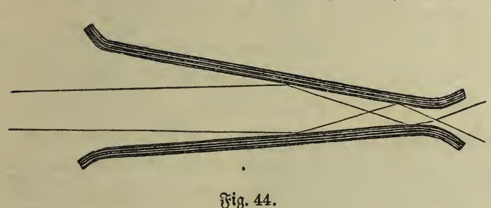


Fig. 44.

118. Der Schall pflanzt sich im Allgemeinen geradlinig fort, wird aber von einer widerstehenden Wand nach den Gesetzen elastischer Körper zurückgeworfen (reflektiert) (Fig. 44). **Echo** oder Wiederhall.

119. Der Wiederhall in leeren Sälen mischt sich mit dem Urhall und macht diesen undeutlich. Nachhall.

Soll von einem Laut (einer Silbe) ein deutliches Echo entstehen, so muß die reflektierende Wand wenigstens $18{,}5^m$ entfernt sein, d. i. den 18ten Theil von 333^m, da zum Aussprechen einer Silbe $^1/_9$ Sekunde erforderlich ist, und in dieser Zeit die Silbe nach einer $18{,}5^m$ entfernten Wand hin und wieder zurück gelangen kann.

Einsilbige und mehrsilbige Echos. Einfache und mehrfache.

Echo im Ellipsenbrennpunkt, (Flüstergallerie). Kommunikationsrohr. Sprach- und Hörrohr.

120. Wie beim Kreuzen zweier Wasserwellensysteme durch Inter-

ferenz die Wellenberge und Wellenthäler sich ausgleichen, so geschieht dies auch bei Schallwellen.

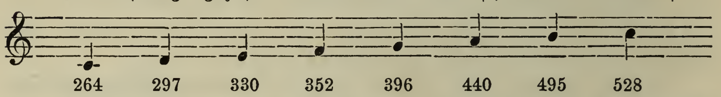
An einer schwingenden Stimmgabel, die man nahe dem Ohr um ihre Längsachse dreht, läßt sich die **Interferenz** der Schallwellen wahrnehmen.

121. Erst wenn ein Körper — eine Saite — mehr als 32 Schwingungen in der Sekunde macht, hört man einen Ton. Je schneller die Schwingungen, oder je größer die Schwingungszahl in einer Sekunde ist, desto höher ist der Ton.

122. Mittels der **Sirene** (Rad- und Loch-Sirene) lassen sich die **Schwingungszahlen** der verschiedenen Töne bestimmen.

Der Grundton verhält sich zur Sekunde wie 8 : 9, zur Terz wie 4 : 5, zur Quarte wie 3 : 4, zur Quinte wie 2 : 3, zur Sexte wie 3 : 5, zur Septime wie 8 : 15, zur Oktave wie 1 : 2.

Die Schwingungszahlen der Töne der diatonischen Dur-Tonleiter sind:



123. Jede Saite von bestimmter Länge, Dicke und Spannung bringt gestrichen, einen bestimmten Ton hervor.

Je kürzer, dünner, straffer die Saite, desto höher der Ton.

124. Die Höhen zweier Töne verhalten sich umgekehrt wie die Längen der Saiten, auch umgekehrt wie die Dicke derselben, aber gerade wie die Quadratwurzeln aus den spannenden Gewichten. — Monochord.

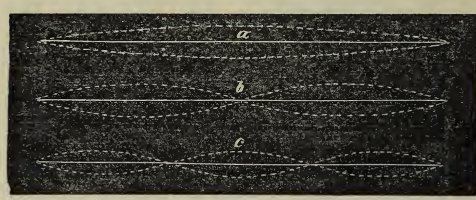


Fig. 45.

125. Schwingt eine Saite als Ganzes, d. h. befinden sich alle Punkte derselben — außer den Endpunkten — gleichzeitig auf derselben Seite der ursprünglichen Lage, so giebt sie ihren tiefsten Ton (Grundton). Schwingt sie aber in Teilen, die abwechselnd auf verschiedenen Seiten sich befinden, so giebt sie einen desto höheren Ton an, in je mehr gleiche Teile sie sich geteilt hat. — Schwingungsknoten (Fig. 45). Chladni's Klangfiguren (Fig. 46).



Fig. 46.

126. Schwingt die Saite als Ganzes und in Teilen zugleich, so entstehen neben dem Grundton noch **Obertöne.**

127. Wie die **Höhe** des Tones durch die Schwingungszahl bedingt ist, so hängt die **Stärke** des Tones (Intensität) von der Schwingungsweite (Amplitude) ab, und der eigentümliche Klang desselben Tones an verschiedenen Instrumenten, die **Klangfarbe,** von der Zahl und Intensität der Obertöne.

Saiten- und Blas-Instrumente; Lippen- und Zungenpfeifen; offene und gedeckte Pfeifen.

Zur Verstärkung des Tones dient der Resonanzboden.

128. Bei dem menschlichen **Stimmorgane** versetzt die aus den Lungen durch die Luftröhre in den Kehlkopf gestoßene Luft die den letzteren verschließenden Stimmbänder in Schwingung.

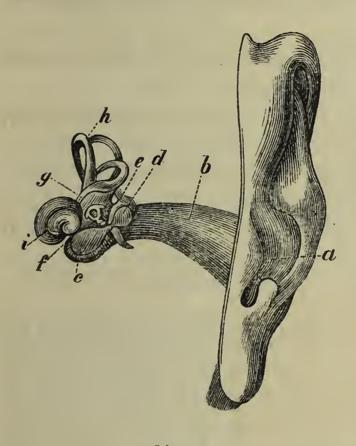


Fig. 47.

Durch die größere oder geringere Spannung der Stimmbänder und gleichzeitige Verengung oder Erweiterung der Stimmritze, sowie durch die verschiedene Form des Mundes wird der Ton auf mannigfache Weise abgeändert.

Das **Sprechen** ist die zusammengesetzte Thätigkeit aller dieser Organe in Verbindung mit den Bewegungshindernissen, welche Gaumen, Zunge, Zähne Lippen dem Luftstrome darbieten.

129. Beim **Gehörorgan** (Fig. 47) unterscheidet man: 1. das äußere Ohr, aus Ohrmuschel, Gehörgang und Trommelfell bestehend; 2. die Paukenhöhle mit der Eustachischen Röhre, den Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß, Linsenkörperchen, Steigbügel), dem ovalen und dem runden Fenster; 3. das Labyrinth mit dem Vorhof, der Schnecke, den drei Bogengängen, dem Gehörnerv und der Gehörflüssigkeit. (Die Corti'schen Fasern auf der spiralförmigen Scheidewand der Schnecke.)

Der Phonograph v. Edison 1877.

IV. Abschnitt.

Vom Licht. (Optik).

130. Die Ursache der Wahrnehmung der Körper durch das Auge, (wodurch die Körper also für uns sichtbar werden), nennen wir **Licht.**

131. Alle sichtbaren Körper strahlen Licht aus; entweder ihr eigenes, dann heißen sie selbstleuchtend, oder reflektiertes, dann heißen sie nicht selbstleuchtend, dunkel.

132. Selbstleuchtende Körper sind: 1. die Sonne und die Fixsterne; 2. verbrennende und glühende Körper, (die Flamme ist glühendes Gas); 3. phosphorescierende Körper, (Phosphor, faules Holz, manche Mineralien, die lange dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen — Insolation); 4. manche Organismen, (Leuchtkäfer, gewisse Infusorien und Mollusken, die das Meeresleuchten erzeugen).

133. Das von einem Punkte ausgehende Licht verbreitet sich nach allen Richtungen geradlinig (Lichtstrahlen).

Umgekehrte Bilder hinter einem mit kleiner Oeffnung versehenen Schirm. Sonnenbildchen im Schatten der Bäume.

134. Körper, welche die Lichtstrahlen vollständig durchlassen, heißen durchsichtig; wenn sie dieselben nur teilweise durchlassen: durchscheinend; lassen sie das Licht aber gar nicht durch: undurchsichtig.

Hinter den undurchsichtigen Körpern entsteht ein dunkler Raum, der **Schatten.**

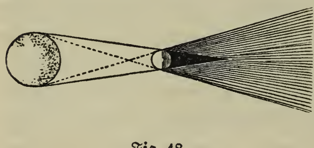


Fig. 48.

135. Die Form und Größe des auf einer Wand aufgefangenen Schattens hängt sowohl von der Form und Größe des leuchtenden wie des undurchsichtigen Körpers ab, außerdem auch noch von dem Abstand und der Lage des letzteren gegen die auffangende Wand.

Kernschatten, Halbschatten. Sonnen- und Mondfinsternisse (Fig. 48).

136. Die **Lichtstärke** ist um so geringer, je schräger die Strahlen auf eine Fläche auffallen und je entfernter die Lichtquelle ist.

137. Die Lichtintensität nimmt in demselben Maße ab, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. In der n fachen Entfernung ist die Lichtstärke n^2 mal so gering (Fig. 49 [auf Seite 31]). — Photometrie.

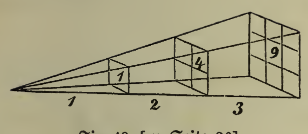


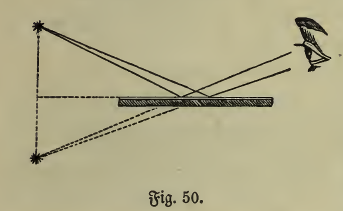
Fig. 49 [zu Seite 30].

138. Die **Geschwindigkeit** des Lichtes beträgt 42000 Meilen in der Sekunde. — Olaf Römer's (1675) Beobachtung eines Jupiter-Trabanten. — Umlaufszeit 42^h 28′ 35″. In der Quadratur tritt eine Differenz von 14″ ein, während die Erde in 1″ 3,98 Ml. zurücklegt. — Fizeau's Apparat.

139. Die Lichtstrahlen, welche die Oberfläche eines Körpers (auch eines durchsichtigen) treffen, werden zum Teil aufgesogen (absorbiert), zum Teil zurückgeworfen (reflektiert), und bei durchsichtigen Körpern zum größten Teil durchgelassen, dann aber vom Wege abgelenkt, gebrochen. Unregelmäßig reflektiertes nennt man zerstreutes Licht.

A. Regelmäßige Reflexion des Lichtes. (Katoptrik).

a) Reflexion an **ebenen** oder **Planspiegeln.**


Fig. 50.

140. Alle von einem leuchtenden Punkte auf einen Planspiegel fallenden Strahlen werden so reflektiert, als ob sie von einem Punkte herkämen, der ebenso weit hinter der Spiegelfläche liegt, wie der leuchtende Punkt vor dem Spiegel (Fig. 50).

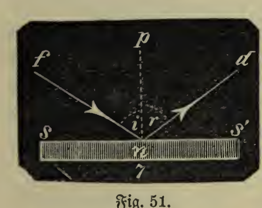


Fig. 51.

141. Der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel. Der Einfallsstrahl, der Reflexionsstrahl und das Einfallslot liegen in derselben Ebene (Fig. 51).

Das Bild eines Punktes wird gefunden, wenn man von demselben ein Lot auf die Spiegelebene fällt und dies Lot um sich selbst verlängert.

Das Bild einer Linie bestimmt sich durch die Bilder ihrer Endpunkte; das einer Fläche oder eines Körpers durch die Bilder der Ecken und Kanten.

142. Die **Bilder** der Planspiegel haben gleiche Größe mit den Gegenständen, sind aufrecht, (wobei jedoch rechts und links vertauscht erscheint) und befinden sich genau so weit hinter dem Spiegel, wie die Gegenstände vor demselben.

Die Bilder sind nicht wirkliche (reelle), sondern nur scheinbare (virtuelle).

143. (Fig. 52). Durch einen geneigten Spiegel kann man liegende Gegenstände aufrecht sehen, und umgekehrt.

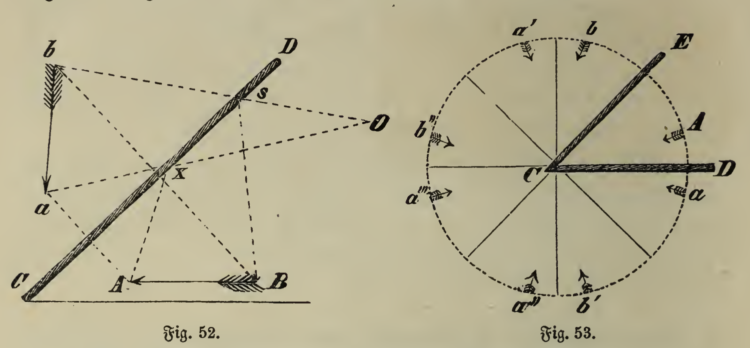


Fig. 52. Fig. 53.

144. Zwei Spiegel, die unter einem Winkel zu einander geneigt sind, zeigen von einem Gegenstande mehrere Bilder, u. z. so viele als die Gradanzahl des Winkels in 360° enthalten ist (weniger eins). (Fig. 53.) — Kaleidoskop.

Parallele Spiegel geben unendlich viele Bilder.

b) Reflexion an **erhabenen** oder **Konvexspiegeln.**

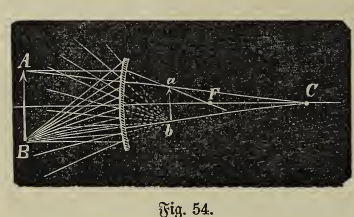


Fig. 54.

145. Die von einem leuchtenden Punkte auf einen Konvexspiegel fallenden Strahlen werden so reflektiert, als ob sie von einem Punkte kämen, der viel näher hinter dem Spiegel liegt, als der leuchtende Punkt vor demselben (Fig. 54). — Zerstreuungsspiegel.

146. Der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel. Der Einfallsstrahl, der Reflexionsstrahl und das Einfallslot liegen in derselben Ebene. Das Einfallslot ist hier der verlängerte Kugelradius. Optischer und geometrischer Mittelpunkt. Achse.

147. Ein Strahl, der in der Richtung nach dem Kugelmittelpunkt geht, wird in sich selbst reflektiert; jeder mit der Achse parallel auffallende Strahl wird so reflektiert, als ob er aus einem Punkte käme, der in der Mitte zwischen der Spiegelfläche und dem Kugelmittelpunkt liegt (Fig. 55 [auf S. 33]). — Brennpunkt (Focus). Brennweite (Focaldistanz).

148. Der Konvexspiegel zeigt aufrechte, verkleinerte, virtuelle Bilder nahe hinter der Spiegelfläche.

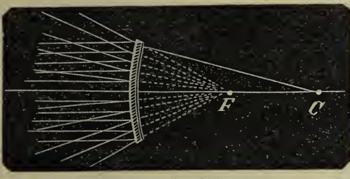


Fig. 55. [Zu Seite 32.]

149. Das Sonnenbild erscheint im Brennpunkt (in der Mitte zwischen der Spiegelfläche und dem Kugelmittelpunkt, alle Bilder näherer Gegenstände sind dem Spiegel noch näher.

150. Rückt ein Gegenstand aus unendlicher Entfernung dem Spiegel immer näher, so kommt das Bild vom Brennpunkt ebenfalls dem Spiegel näher, wird größer, bis sich Bild und Gegenstand an der Spiegelfläche in gleicher Größe treffen. — Gekrümmte Bilder von geraden Gegenständen.

151. Leuchtender Punkt und Bild, sowie die beiden Mittelpunkte (geometrischer und optischer) sind vier harmonische Punkte.

c) Reflexion an **hohlen** oder **Konkavspiegeln.**

152. Die von einem leuchtenden Punkt auf einen Konkavspiegel fallenden Strahlen werden meist so reflektiert, daß sie sich vor dem Spiegel schneiden (Fig. 56). — Sammelspiegel.

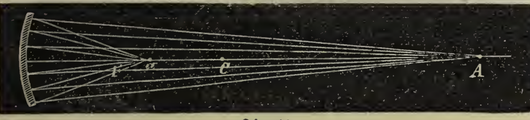


Fig. 56.

Nur wenn der leuchtende Punkt dem Spiegel sehr nahe ist, werden die Strahlen parallel oder auch divergent reflektiert.

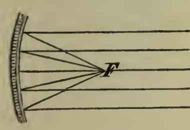


Fig. 57.

153. Optischer und geometrischer Mittelpunkt, Einfallswinkel, Reflexionswinkel, Einfallslot, Achsenstrahl, Brennpunkt, Brennweite wie beim Konvexspiegel; nur daß der Brennpunkt sich hier vor dem Spiegel befindet.

154. Strahlen, die mit der Achse parallel auffallen oder von einem unendlich entfernten Punkte kommen, werden nach dem Brennpunkt reflektiert. Die vom Brennpunkt ausgehenden Strahlen werden parallel reflektiert (Fig. 57).

Fig. 58.

155. (Fig. 58.) Der Kon=

kavspiegel erzeugt von entfernten Gegenständen umgekehrte, verkleinerte, reelle Bilder vor der Spiegelfläche. — Luftbilder.

156. Das Sonnenbild erscheint im Brennpunkt; die dem Spiegel näheren Gegenstände haben ihr Bild außerhalb der Brennweite.

Nähert sich der Gegenstand aus großer Entfernung dem geometrischen Mittelpunkte, so kommt ihm das umgekehrte und immer größer werdende Bild aus dem Brennpunkte entgegen.

Im geometrischen Mittelpunkte treffen Bild und Gegenstand zusammen und sind von gleicher Größe.

Während der Gegenstand sich dann dem Brennpunkte nähert, rückt das immer größer werdende Bild ins Unendliche hinaus.

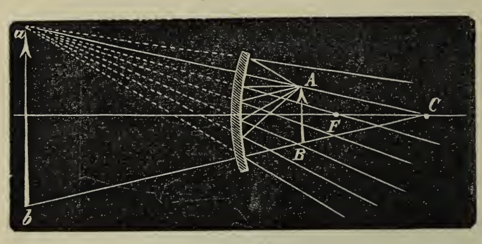


Fig. 59.

157. Befindet sich der Gegenstand innerhalb der Brennweite, so erscheint ein virtuelles aufrechtes und vergrößertes Bild hinter dem Spiegel. (Fig. 59). — Vergrößerungsspiegel.

158. Auch beim Konkavspiegel sind leuchtender Punkt, Bild und die beiden Mittelpunkte vier harmonische Punkte.

159. Genau genommen treffen die von einem Punkte auf den Hohlspiegel fallenden Strahlen bei ihrer Reflexion nicht in einem Punkte zusammen; es entstehen vielmehr sehr viele lichte Durchschnittspunkte, von denen einer — das eigentliche Bild — am hellsten ist. Brennlinie (kaustische Kurve.) Brennfläche. Elliptische und parabolische Spiegel. Zerrbilder an Cylinder- und Kegelspiegeln.

B. Brechung des Lichts. (Refraktion oder Dioptrik).

160. Wenn Lichtstrahlen aus einem durchsichtigen Mittel (Medium) in ein anderes von größerer oder geringerer Dichtigkeit übergehen, so werden die schräg auffallenden an der Grenzfläche von der Anfangsrichtung abgelenkt, **gebrochen;** nur senkrecht auffallende Strahlen gehen ungebrochen durch.

161. Errichtet man das Einfallslot, so ist der Winkel, den der

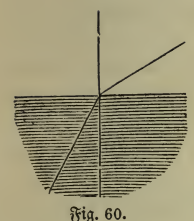


Fig. 60.

Lichtstrahl mit demselben bildet, im dichteren Medium immer kleiner als im dünneren, oder:

Im dichteren Medium wird der Lichtstrahl dem Einfallslot zu gebrochen, im dünneren vom Einfallslot weg gebrochen (Fig. 60). Alle drei in einer Ebene.

162. Lichtstrahlen, die aus einem dichteren Medium in ein dünneres übergehen, z. B. aus Wasser in Luft, divergieren im dünneren mehr, als im dichteren; sie scheinen daher von einem der Grenzfläche näheren Punkte herzukommen.

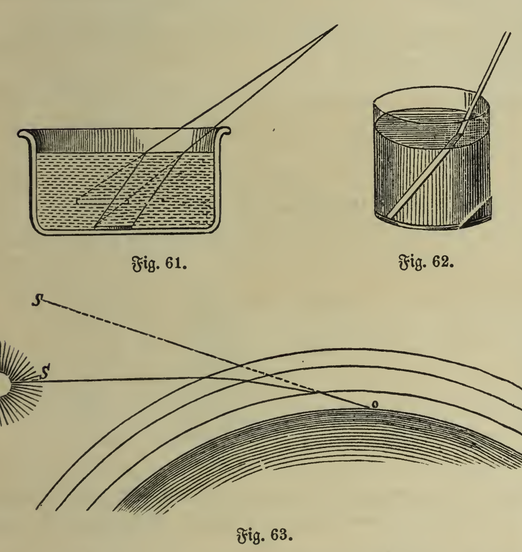


Fig. 61.

Fig. 62.

Fig. 63.

163. Gegenstände im Wasser erscheinen — schräg gesehen — stets höher, als sie wirklich sind (Fig. 61).

Von einem teilweise im Wasser steckenden Stab erscheint dieser Teil gehoben, daher der Stab gebrochen (Fig. 62).

Atmosphärische Strahlenbrechung (Fig. 63). Fata Morgana.

164. Zwischen Luft und Wasser ist das Verhältnis der Brechungswinkel ungefähr 4 : 3 (die Sinus der Winkel verhalten sich wie 4 : 3).

Zwischen Luft und Glas ist dieses Verhältnis wie 3 : 2, und demnach zwischen Wasser und Glas wie 9 : 8. — Brechungs-Exponent.

Fig. 64.

165. Geht ein Lichtstrahl durch ein Medium mit **parallelen Grenzflächen** hindurch (Fig. 64), z. B. aus Luft durch eine Glas-

platte in Luft über, so ist der austretende Strahl dem eintretenden parallel.

166. Sieht man Gegenstände schräg durch eine dicke Glasplatte, so erscheinen sie verschoben, und dies um so mehr, je dicker die Platte ist.

Die dünnen Fensterscheiben verschieben die Gegenstände nur unmerklich.

167. Kommen Strahlen aus einem dichteren Medium, so können nur diejenigen in das dünnere Medium austreten, deren Brechungswinkel weniger als 90° beträgt.

Der Einfallswinkel, dessen entsprechender Brechungswinkel 90° beträgt, heißt der **Grenzwinkel** der Brechung.

Bei Wasser in Luft ist der Grenzwinkel 48° 35′, bei Glas in Luft 41° 49′.

Ueberschreitet der Einfallswinkel den Grenzwert der Brechung, dann findet totale Reflexion statt (Fig. 65).

168. Geht ein Lichtstrahl durch ein lichtbrechendes Medium mit nicht parallelen Grenzflächen, durch ein **Prisma** (Fig. 66), so erleidet er eine zweimalige Ablenkung in demselben Sinne, von der brechenden Kante weg.

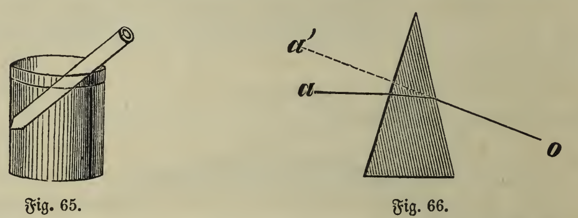


Fig. 65. Fig. 66.

169. Die von einem leuchtenden Punkt ausgehenden Strahlen werden durch das Prisma noch mehr divergent; der Punkt erscheint daher nach der brechenden Kante hin verschoben.

Die Brechung ist um so stärker, je größer der brechende Winkel des Prisma's (der Neigungswinkel der Seitenflächen), und je größer der Einfallswinkel ist.

170. Sieht man durch ein **Prisma** nach einem Gegenstande hin, so erscheint dieser nach der brechenden Kante hin verschoben; die horizontalen Linien erscheinen nach derselben Kante hin gekrümmt und außerdem mit farbigen Rändern.

171. Durch das Prisma werden gelbe Lichtstrahlen stärker gebrochen, als rote, noch mehr aber blaue und violette.

172. Ein **weißer** Lichtstrahl, z. B. ein Sonnenstrahl, wird durch das Prisma in eine Reihe **farbiger** Strahlen von verschiedener Brechbar=

keit aufgelöst, die unmerklich in einander übergehen (Fig. 67). — **Sonnenspektrum.**

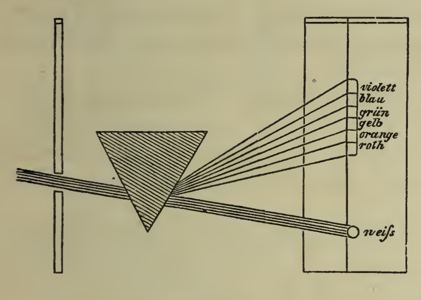


Fig. 67.

173. Man unterscheidet im Sonnenspektrum sieben Hauptfarben: **rot, orange, gelb, grün, hellblau, indigoblau, violett.**

Rot, Gelb und Blau heißen die Grundfarben; Mischfarben sind: Orange (aus Rot und Gelb), Grün (aus Gelb und Blau), Violett (aus Blau und Rot).

Vereinigung der prismatischen Farben zu Weiß (Newton, 1666) mittels des Farbenkreisels (oder mittels der Sammellinse, § 180).

174. Die natürlichen Farben der Körper erklären sich dadurch, daß von den im weißen Lichte enthaltenen farbigen Strahlen gewisse an der Oberfläche der Körper reflektiert oder hindurchgelassen, die übrigen aber absorbiert werden.

Ein Körper erscheint rot, wenn er die gelben und blauen Strahlen absorbiert, gelb, wenn er die roten und blauen, blau, wenn er die roten und gelben Strahlen absorbiert.

175. Komplementär- oder Ergänzungsfarben sind solche, die mit einander gemischt weiß geben. Grün und rot; violett und gelb; orange und blau. — Komplementärfarben wirken angenehm auf das Auge.

176. Das Sonnenspektrum zeigt an verschiedenen Stellen mehr oder weniger zahlreiche dunkle Querstreifen, die **Fraunhoferschen Linien** (1814)*).

Die Spektra der Planeten zeigen dieselben dunklen Linien, die Fixsterne zum Teil andere.

Glühende Metalldrähte, das Kalklicht, sowie die Gas- und Kerzenflamme geben kontinuierliche Spektra, d. i. Spektra ohne dunkle Linien.

177. Durch Metallsalze gefärbte Flammen geben Spektra, die statt der dunklen mehr oder weniger isolierte helle Streifen zeigen.

Kochsalz (Natrium) zeigt eine gelbe D Linie; Lithium eine rote zwischen B und C; Kalium eine rote in A, eine schwach rote in B und

*) Im Rot die Linien A, B, C; im Gelb D; im Grün E; im Blau F; im Indigo G; im Violett H.

eine violette in H. u. s. w. Jedes Metallsalz hat so an ganz bestimmten Stellen seine bestimmten hellen Linien, so daß aus der Anwesenheit derselben in irgend einem Spektrum auf das Vorhandensein der geringsten Spuren eines Metalles oder seiner Verbindungen geschlossen werden kann. **Spektral-Analyse.** Kirchhoff und Bunsen 1857.

178. Gehen von einer intensiven Lichtquelle Strahlen durch die genannten farbigen Flammen hindurch, so absorbieren die letzteren die gleichfarbigen Strahlen, und statt des kontinuierlichen Spektrums jener Lichtquelle entstehen an denselben Stellen dunkle Streifen, wo die farbigen Flammen für sich helle erzeugt hätten.

Hieraus schließt man, daß die Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum von Metalldämpfen herrühren, welche als Sonnenatmosphäre den glühenden Kern umgeben. Aehnliches gilt von den Fixsternen.

179. Außer den sichtbaren, farbigen Strahlen des Spektrums hat man auch noch unsichtbare nachgewiesen. Die schwächer brechenden, jenseit des Rot, sind vorzugsweise **Wärmestrahlen,** die stärker brechenden, jenseit des Violett, vorzugsweise **chemische Strahlen.** — (Photographie).

180. Die von einem (entfernten) leuchtenden Punkte auf eine **Konvexlinse** fallenden Strahlen werden so gebrochen, daß sie sich hinter der Linse wieder in einem Punkte vereinigen. — Sammellinse, (bikonvex, plankonvex, konkavkonvex).

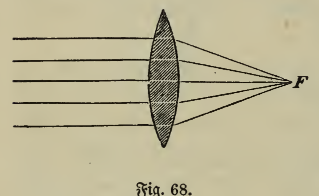


Fig. 68.

181. Ist der leuchtende Punkt in der Achse der Linse, u. z. in unendlicher Entfernung, so fallen alle Strahlen parallel auf, und der Vereinigungspunkt jenseit der Linse ist der Brennpunkt (Fig. 68).

182. Das Sonnenbild erscheint jenseit der Linse im **Brennpunkt.** — Brennglas.

183. Rückt der leuchtende Punkt in der Achse näher an die Linse heran, so entfernt sich das Bild immer mehr und verschwindet im Unendlichen, wenn der leuchtende Punkt in den vorderen Brennpunkt tritt.

184. Das Bild eines Punktes, der außerhalb der Achse liegt, wird gefunden, wenn man einen Strahl durch den optischen Mittelpunkt — er geht ungebrochen durch — und einen parallel mit der Achse zieht — er geht durch den Brennpunkt. Der Durchschnittspunkt dieser beiden Strahlen ist der Ort des Bildes. Ein Punkt oberhalb der Achse hat sein Bild unterhalb derselben und umgekehrt.

Der Brennpunkt einer bikonvexen, gleichgekrümmten Glaslinse ist der Krümmungsmittelpunkt. Bei plankonvexen Linsen ist die Brennweite doppelt so groß

185. Von sehr entfernten Gegenständen entstehen jenseit der Linse und nahe dem Brennpunkt sehr kleine, umgekehrte, reelle Bilder, die mittels eines Schirms aufgefangen werden können (Fig. 69).

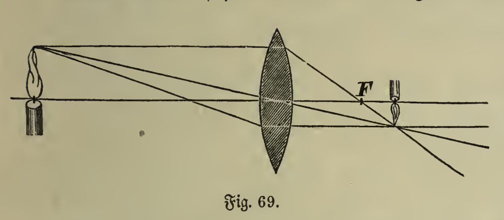


Fig. 69.

186. Je näher der Gegenstand rückt, desto mehr entfernt sich das Bild und desto größer wird es.

Rückt der Gegenstand in den vorderen Brennpunkt, so verschwindet das unendlich groß gewordene Bild im Unendlichen.

187. Befindet sich ein leuchtender Punkt innerhalb der Brennweite, so divergieren die Strahlen auch noch jenseit der Linse. Es entsteht kein reeles Bild mehr; dagegen läßt sich rückwärts ein virtuelles Bild des Punktes konstruieren.

188. Befindet sich ein Gegenstand innerhalb der Brennweite, so sieht man von der anderen Seite durch die Linse hindurch ein vergrößertes, aufrechtes, virtuelles Bild desselben (Fig. 70). — **Lupe.**

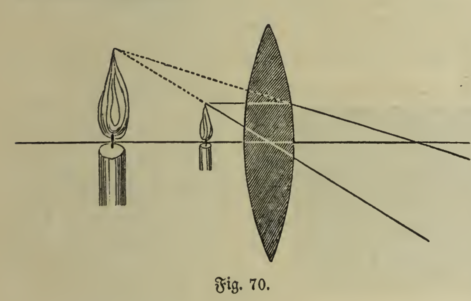


Fig. 70.

189. Je dicker die Linse im Verhältnis zu ihrem Durchmesser ist, oder je stärker die Krümmungen der Oberflächen sind, desto stärker ist die Brechung durch dieselbe, desto näher ist der Brennpunkt und desto mehr vergrößert erscheinen die Bilder naher Gegenstände.

190. Nur die Strahlen, welche nahe der Achse auffallen, vereinigen sich annähernd in einem Punkt. Sollen deutliche Bilder entstehen, so müssen die Randstrahlen abgehalten werden. — Blendung (Diaphragma).

191. Die von einem leuchtenden Punkt auf eine **Konkavlinse** fallenden Strahlen werden durch die Brechung noch mehr divergent oder zerstreut. Zerstreuungslinse (bikonkav, plankonkav, konvexkonkav).

192. Auch parallel auffallende Strahlen werden noch zerstreut. Der Punkt, von dem sie herzukommen scheinen — wenn man sie rückwärts bis zum Durchschnitt verlängert, — heißt **Zerstreuungspunkt,** auch negativer Brennpunkt (Fig. 71).

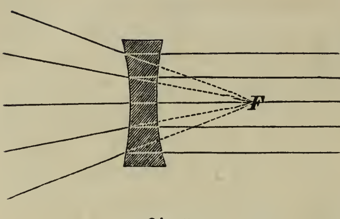


Fig. 71.

193. Das Sonnenbild erscheint als virtuelles Bild im Zerstreuungspunkt.

194. Rückt der leuchtende Punkt aus unendlicher Entfernung näher an die Konkavlinse, so nähert sich sein Bild innerhalb der Brennweite immer mehr der Linse und trifft mit ihm zugleich an der Oberfläche der Linse ein.

195. Das Bild eines Punktes, der außerhalb der Achse liegt, wird gefunden, wenn man einen Strahl durch den optischen Mittelpunkt und einen parallel mit der Achse zieht; der erstere geht ungebrochen durch, der andere wird so gebrochen, als ob er aus dem negativen Brennpunkt käme. Der Durchschnittspunkt beider Strahlen ist der Ort des Bildes.

196. Das Bild befindet sich stets auf derselben Seite der Achse, auf der der leuchtende Punkt ist.

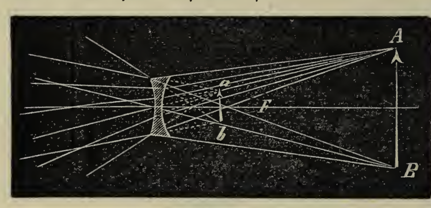


Fig. 72.

197. Von entfernten Gegenständen erhält man auf derselben Seite der Konkavlinse, innerhalb der Brennweite und nahe dem Brennpunkte kleine, aufrechte, virtuelle Bilder (Fig. 72).

198. Je näher der Gegenstand rückt, desto näher rückt auch das sich vergrößernde Bild und beide treffen gleichzeitig und in gleicher Größe an der Linse ein.

199. Nur sehr konvergent auffallende Strahlen sind nach der Brechung noch konvergent, vereinigen sich aber später, als dies ohne Dazwischentreten der Linse geschehen wäre.

200. Nicht bloß Prismen, sondern auch Linsen zeigen die Gegenstände mit farbigen Rändern und daher undeutlich.

Durch Zusammensetzung der Gläser aus zwei Glasarten von verschiedener Farbenzerstreuung (Flintglas und Kronglas) werden die farbigen Ränder vermieden (achromatische Gläser).

C. Optische Apparate.

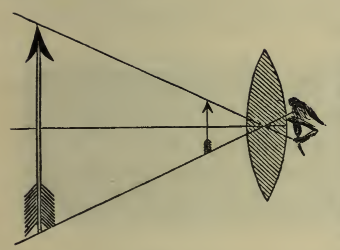


Fig. 73.

201. Die **Lupe** oder das einfache Mikroskop (Vergrößerungsglas) ist eine Sammellinse, welche die Gegenstände vergrößert zeigt, wenn man letztere innerhalb der Brennweite hält (Fig. 73). — Der Guckkasten.

202. Das zusammengesetzte **Mikroskop** besteht aus zwei am Ende einer innen geschwärzten Röhre befindlichen Konvexlinsen. Die dem Objekt zugekehrte — das Objektiv — hat eine geringe Brennweite, die dem Auge zugewandte — das Okular — hat eine größere Brennweite. Man erhält umgekehrte Bilder.

Das Objekt muß sich außerhalb der Brennweite, aber nahe dem Brennpunkt befinden, um ein vergrößertes Bild innerhalb des Rohrs (Tubus) zu erzeugen. Das Okular wird diesem Bilde soweit genähert, daß dieses innerhalb der Brennweite erscheint und so, wie mit einer Lupe, noch mehr vergrößert gesehen wird (Fig. 74). — Beleuchtungsspiegel.

Fig. 74.

203. Das astronomische (Kepplersche — 1611) **Fernrohr** hat ein Objektiv von großer und ein Okular von geringerer Brennweite und erzeugt umgekehrte Bilder (Fig. 75).

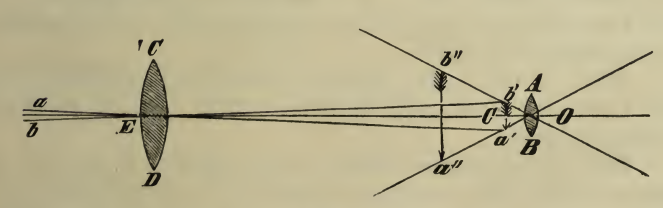


Fig. 75.

Durch Verlängerung des Tubus und Zwischenschaltung einer dritten Linse werden die umgekehrten Bilder nochmals umgekehrt und erscheinen daher aufrecht. Terrestrisches Fernrohr.

204. Das Galiläische Fernrohr (1590) und das **Opernglas** zeigen aufrechte Bilder, was durch eine als Okular angewandte Konkavlinse bewirkt wird (Fig. 76).

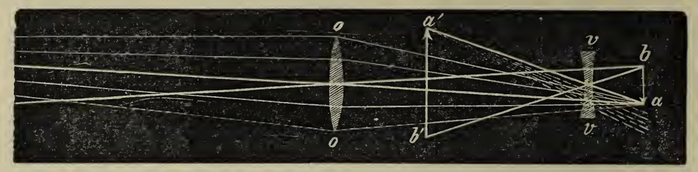


Fig. 76.

Diese drei Arten Fernrohre heißen Refraktoren. Bei den Reflektoren oder Spiegelteleskopen wird das Bild durch einen Hohlspiegel erzeugt.

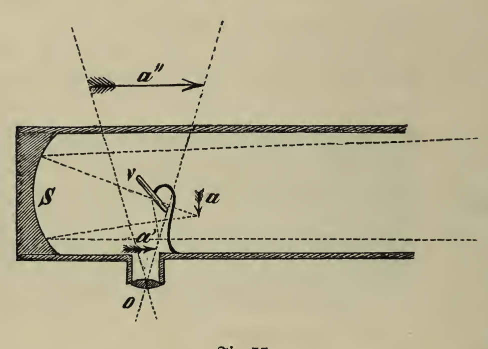


Fig. 77.

205. In Newton's **Spiegelteleskop** (1672) wird das durch den Hohlspiegel innerhalb des Tubus erzeugte Bild durch einen kleinen Planspiegel, der unter 45° geneigt ist, seitwärts geworfen und mittels eines an der Seitenöffnung angebrachten Okulars betrachtet (Fig. 77). — (Sucher).

206. Bei Gregory's Spiegelteleskop (1663) ist der Hohlspiegel in der Mitte durchbohrt und in der Oeffnung das Okular angebracht. Im Innern des Tubus ist noch ein kleiner Hohlspiegel, dem ersteren gegenüber, zur Vergrößerung des Bildes.

207. Herschel setzte (1789) den undurchbohrten Hohlspiegel etwas schief ein, so daß er von vorn hineinschauen konnte, ohne die einfallenden Strahlen zu hindern.

208. Die **Camera obscura** (dunkle Kammer) ist ein innen geschwärzter Kasten, dessen eine Wand durchscheinend ist (mattgeschliffenes Glas, Oelpapier u. dgl.). Ihr gegenüber befindet sich in einer ein- und ausschieb-

baren Röhre eine Konvexlinse, welche von fernen Gegenständen verkleinerte, umgekehrte Bilder auf der Wand erzeugt. — Photographischer Apparat.

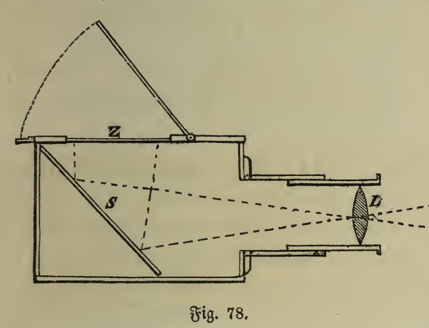


Fig. 78.

Ist die auffangende Wand nicht der Linse gegenüber, so kann durch einen schief gestellten Planspiegel das Bild dennoch auf dieselbe hingelenkt werden. (Fig. 78.)

209. Will man von einem sehr kleinen Objekt ein großes Bild haben, so hat man dasselbe nur in die Nähe des Brennpunktes einer stark brechenden Linse zu bringen; damit aber das Bild noch hell genug erscheine, bedarf es einer starken Beleuchtung; diese bietet die **Laterna magica.** (Lampe, Hohlspiegel). Das Bild wird in einem dunklen Zimmer auf einer weißen Wand aufgefangen und ist dadurch Vielen gleichzeitig sichtbar. — Nebelbilder.

210. Wird die Lampe der Laterna magica durch das Sonnenlicht ersetzt, das mittels Spiegel auf das Objekt gelenkt wird, so hat man das **Sonnen-Mikroskop.** — Heliostat.

211. Wird die Beleuchtung des Objekts mittels des Drummondschen Kalklichts (eines im Sauerstoff- und Wasserstoffgebläse glühenden Kalkcylinderchens) bewirkt, so hat man das **Hydro-Oxygengas-Mikroskop.**

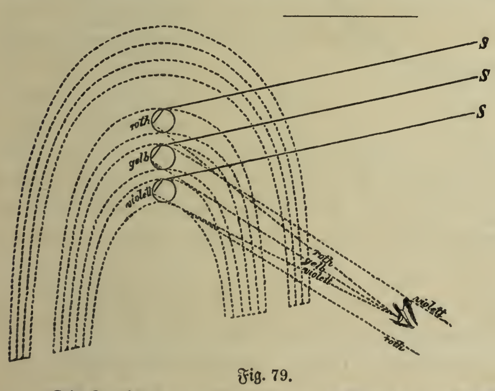


Fig. 79.

212. (Fig. 79). Der **Regenbogen** entsteht durch die Brechung und Reflexion der Sonnenstrahlen im Innern der Regentropfen. Der Mittelpunkt des farbigen Bogens ist der der Sonne gegenüberliegende Punkt des Himmels.

Die Farbenfolge gleicht der des Spektrums; der rote Saum ist nach außen, der violette nach innen gekehrt.

213. In dem zuweilen sichtbaren **Nebenregenbogen,** welcher durch zweimalige Reflexion der Sonnenstrahlen in den Wassertropfen entsteht, und welcher den Hauptregenbogen umschließt, sind die Farben in umgekehrter Reihenfolge geordnet (Fig. 80).

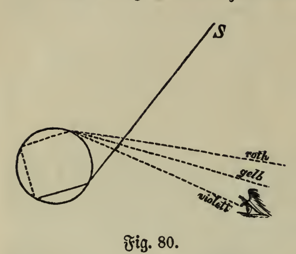


Fig. 80.

214. Das menschliche Auge ist ein kugelförmiger Körper, der Augapfel, der von einer festen weißen Haut (Sklerotika) eingeschlossen ist. Diese ist vorn stärker gewölbt und durchsichtig: Hornhaut (Cornea). Die weiße Haut ist innen von der schwarzen Aderhaut (Choroidea) bedeckt, deren Fortsetzung vorn die ringförmige farbige Regenbogenhaut (Iris) bildet. Die runde, sich bald verengende, bald erweiternde Oeffnung der Regenbogenhaut heißt die Pupille oder das Sehloch. Auf der Innenseite der Aderhaut breitet sich der vom Hirn kommende Sehnerv (Opticus) netzartig aus: die Netzhaut (Retina). Dicht hinter der Pupille ist die Krystalllinse, ein farbloser, äußerst durchsichtiger, bikonvexer, nach vorn etwas flacherer Körper, der durch den Strahlenkörper (Ligamentum ciliare) in seiner senkrechten Lage erhalten wird.

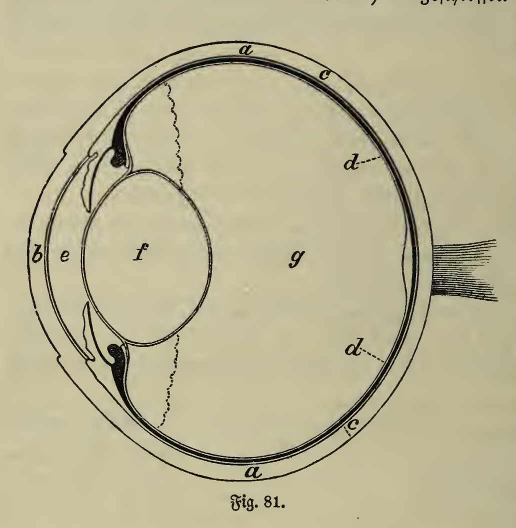


Fig. 81.

Der Raum zwischen Linse und Hornhaut ist mit der wässerigen Feuchtigkeit (Humor aquëus), die größere hintere Augenkammer mit dem gallertartigen Glaskörper (Humor vitreus) ausgefüllt (Fig. 81).

215. Das **Auge** ist eine Camera obscura; daher entstehen auf der Netzhaut kleine, umgekehrte Bilder von

denjenigen Gegenständen der Außenwelt, welche ihre Strahlen durch die Pupille in das Innere des Auges werfen.

216. Damit von fernen Gegenständen das Bild nicht schon vor der Netzhaut, von sehr nahen hinter derselben entstehe, paßt sich das Auge den verschiedenen Entfernungen an, indem die Linse sich bald mehr bald weniger krümmt. **Accomodation** des Auges mittels des Ciliar-Muskels.

217. Die normale Weite des deutlichen Sehens beträgt etwa 24cm. Sie ist geringer bei Kurzsichtigen (Myopischen), größer bei älteren Leuten, den Weitsichtigen (Presbyopischen).

Der Kurzsichtige braucht eine Konkavbrille, der Weitsichtige eine Konvexbrille, um den Mangel des Auges auszugleichen.

218. Die Lichtempfindung verschwindet nicht zugleich mit der Lichtquelle. Einen schnell bewegten Körper glaubt man daher gleichzeitig auf dem ganzen Wege zu sehen. — Glühende Kohle.

Auf der Dauer des Lichteindrucks beruht der Farbenkreisel, die Thaumatropen, die stroboskopischen Scheiben (das Lebensrad).

219. Ein heller Gegenstand auf dunklem Grunde erscheint größer, ein dunkler Gegenstand auf hellem Grunde erscheint kleiner. Irradiation.

220. Man sieht mit beiden Augen einen Gegenstand einfach, wenn beide Augenachsen auf denselben gerichtet sind und dadurch die Bilder entsprechende Punkte der Netzhaut treffen — sonst doppelt.

221. Die Größe eines Gegenstandes beurteilen wir nach dem **Sehwinkel.** Dieser wird von zwei Linien gebildet, die von einem Punkte im Auge (dem Kreuzungspunkte) nach den Endpunkten des Gegenstandes gehen.

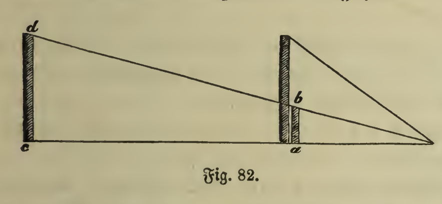


Fig. 82.

222. Alle Gegenstände, welche unter demselben Winkel gesehen werden, erscheinen gleich groß. Gleich große Gegenstände erscheinen daher ungleich, wenn sie ungleich entfernt sind. (Fig. 82). — Häuserreihe, Allee. — Perspektive.

223. Derselbe Gegenstand, in derselben Entfernung, erscheint uns bald größer, bald kleiner, je nachdem wir ihn entfernter oder näher glauben. — Sonne und Mond am Horizont.

224. Die Netzhautbilder naher Gegenstände sind in beiden Augen

nicht kongruent — mit dem rechten Auge sieht man etwas mehr von der rechten Seite des Körpers, mit dem linken etwas mehr von der linken Seite desselben. — Körperliches Sehen. — **Stereoskop.** (Fig. 83.)

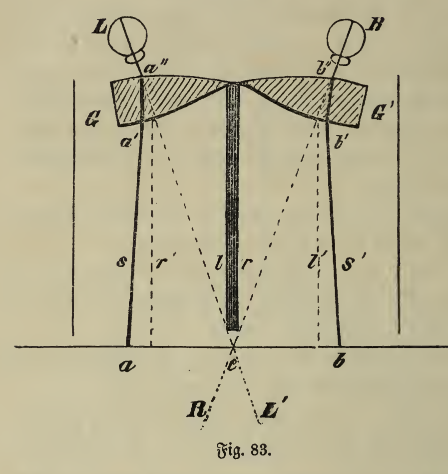


Fig. 83.

225. Trotz der sehr kleinen und umgekehrten Bilder auf der Netzhaut, sehen wir die Gegenstände in natürlicher Größe und aufrecht, weil uns von Jugend auf der Tastsinn leitet, die Verhältnisse richtig zu beurteilen, und weil sich alles in gleicher Weise umkehrt.

226. Zur Erklärung der Lichterscheinungen nahm man früher (Newton) die **Emanations-Theorie** oder Emissions-Theorie an, wonach der leuchtende Körper gewichtlose (imponderabele) Lichtmaterie mit ungeheurer Schnelligkeit ausschleudern sollte.

Jetzt gilt die viel wahrscheinlichere **Undulations-Theorie** oder Vibrations-Theorie (Huygens), wonach der durch das ganze Weltall verbreitete Aether durch den leuchtenden Körper in wellenförmige Erschütterungen versetzt wird, die dann in dem beleuchteten Körper gleichartige Schwingungen erregen.

227. Die Schwingungen des Aethers werden als transversale angenommen. Die verschiedenen Farben werden durch verschiedene Wellenlängen von verschiedener Schwingungsdauer erzeugt.

Die roten Strahlen besitzen die größte, die violetten die kleinste Wellenlänge und Schwingungsdauer.

Rot macht in der Sekunde 395, Violett 756 Billionen Schwingungen. Eine Wellenlänge beträgt im Rot 768, im Violett 397 Milliontel Millimeter.

228. Interferenz des Lichtes. Interferenzfarben dünner Blättchen. Beugung des Lichtes (Diffraktion). Polarisation. Doppelbrechung.

V. Abschnitt.

Von der Wärme.

229. Einen Zustand der Körper, vermöge dessen sie in eigentümlicher Weise auf unser Gemeingefühl wirken, nennen wir **Wärme.**

Der höhere oder geringere Grad der Wärme eines Körpers heißt seine Temperatur.

230. Berühren sich zwei Körper von verschiedener Temperatur, so findet eine Ausgleichung der Wärme statt.

231. Die Verbreitung der Wärme geschieht teils durch Leitung, teils durch Strahlung.

Gute Wärmeleiter sind besonders die Metalle, u. z. in folgender Ordnung: Silber, Kupfer, Gold, Zink, Zinn, Eisen, Blei, Platina.

Schlechte Leiter sind: Holz, Stroh, Pelzwerk, Wolle, Federn, auch die Flüssigkeiten und die Gase. Von letzteren ist Wasserstoff der beste.

232. Körper von gleicher Temperatur fühlen sich ungleich warm an, wenn sie ungleiches Leitungsvermögen haben.

233. Die Wärmestrahlen verhalten sich wie die Lichtstrahlen. Sie pflanzen sich durch den luftleeren Raum und durch diathermane (d. i. Wärme durchlassende) Körper fort, werden von anderen Körpern teilweise oder ganz absorbiert, wodurch diese sich erwärmen, werden endlich auch reflektiert und gebrochen. — Brennspiegel, Brennpunkt, Brennglas, Brennlinie (kaustische Linie).

234. Nicht alle warmen Körper haben gleiches Strahlungsvermögen. Rauhe und dunkle Körper strahlen mehr Wärme aus, als glatte und helle. Jene haben gleichzeitig ein größeres Absorptionsvermögen als diese.

235. Durch Zunahme der Wärme werden die Körper ausgedehnt, durch Abnahme derselben (Kälte) zusammengezogen.

Feste, harte Körper werden durch erhöhte Temperatur meist weich, flüssig, endlich luftförmig. (Wachs, Metalle, Eis.)

236. Zur Messung der Temperatur dient das **Thermometer** (Fig. 84 [auf Seite 48]). (Quecksilber-, Weingeist-, Luftthermometer. — Drebbel 1630).

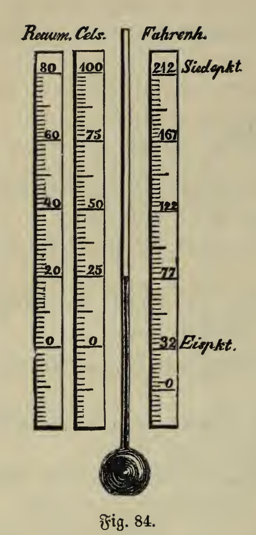


Fig. 84.

Beim Thermometer nach Réaumur (1725) ist der Fundamentalabstand zwischen dem Gefrierpunkt und dem Siedepunkt des Wassers in 80° geteilt; bei Celsius (1742) ist dieser Abstand in 100° und bei Fahrenheit (1709) in 180° geteilt.

R. zählt von 0 bis 80°, C. von 0 bis 100°, F. von 32 bis 212°.

Die Teilung wird über den Siedepunkt hinaus und unter dem Gefrierpunkt fortgesetzt und die Grad unter 0 mit — (minus) bezeichnet (Kälte-Grad).

237. Da sich die Gradanzahl der drei verschiedenen Thermometer-Skalen wie 4 : 5 : 9 verhalten und F.'s Nullpunkt um 32° tiefer liegt, so ergiebt sich:

$n^0 R. = {}^5/_4\, n^0 C. = {}^9/_4\, n^0 + 32^0 F.$

$n^0 C. = {}^4/_5\, n^0 R. = {}^9/_5\, n^0 + 32^0 F.$

$n^0 F. = {}^4/_9\, (n - 32)^0 R. = {}^5/_9\, (n - 32)^0 C.$

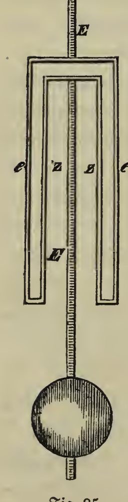


Fig. 85.

238. Für Temperaturen bis 360° ist Quecksilber geeignet; für Temperaturen über den Siedepunkt des Quecksilbers hinaus bedient man sich des Luftthermometers. — Pyrometer.

Bei — 38,2° C. gefriert das Quecksilber; noch niedrigere Temperaturen werden mit dem Weingeistthermometer gemessen.

239. Der **Thermometrograph,** welcher das Maximum und Minimum der Temperatur fixiert, besteht aus einem Quecksilber- und einem Weingeistthermometer in horizontaler Lage. In jenem wird ein Stahlstift bis zum Maximum vorgeschoben und bleibt beim Zurückgehen des Quecksilbers dort liegen. In diesem wird ein Glasstäbchen mit dem fallenden Weingeist zurückgezogen und beim Steigen nicht mitgenommen. Rutherford.

240. Auf der Ungleichheit der Ausdehnung des Stahls und Zinks beruht das **Rost- und Kompensationspendel.** (Fig. 85.)

Der Ausdehnungs-Koëfficient (die Zahl, welche angiebt, um den wievielten Teil seiner Länge ein Stab sich ausdehnt, wenn seine Temperatur von 0—100° steigt) des Eisens

ist 0,0012, des Goldes 0,0015, des Kupfers 0,0017, des Silbers 0,0019, des Zinks 0,0029. — Die Gase haben alle einen und denselben Ausdehnungs-Koëfficienten.

241. Von den flüssigen Körpern besitzt Wasser die Eigentümlichkeit, daß es schon bei 4° C. die größte Dichtigkeit hat und bei weiterer Abkühlung sich wieder ausdehnt. Daher schwimmt Eis auf Wasser; daher frieren stehende Gewässer an der Oberfläche zu, während das Wasser unter dem Eise sich nur wenig unter 4° abkühlt.

242. Die meisten festen Körper gehen bei einer bestimmten Temperatur in den flüssigen Aggregatzustand über. **Schmelzpunkt.** Während des Schmelzens bleibt die Temperatur unverändert.

243. Schmelzpunkte einiger Körper:

Quecksilber . .	— 38,2° C.	Blei	330°
Eis	0	Zink	360
Talg	40	Silber	1000
Wachs	68	Kupfer	1050
Schwefel . . .	113,6	Gußeisen	1200
Zinn	230	Gold	1200.

244. Der Schmelzpunkt der Metalllegierungen ist in der Regel niedriger, als der der Metalle, aus welchem sie gemischt sind. Rose's Metall. (siehe Anhang § 42.)

Wie Wasser dehnt sich auch Wismut im Augenblicke des Erstarrens aus.

245. Geht ein Körper aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand über, so entzieht er seiner Umgebung Wärme; er erzeugt dagegen Wärme, wenn das Umgekehrte eintritt. — **Schmelz-Wärme.** [Freie und gebundene (latente) Wärme.]

246. Da Salzlösungen bei einer niedereren Temperatur gefrieren, als reines Wasser, so schmilzt ein Gemisch aus Schnee und Salz und entzieht, beim Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand, der Umgebung Wärme. Hierdurch kann eine andere Flüssigkeit zum Gefrieren gebracht werden. — Kältemischungen. Gefrorenes.

247. Der Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den luftförmigen heißt **Verdampfung.** Findet dies nur an der Oberfläche statt, so nennt man es **Verdunstung;** geschieht es bei erhöhter Temperatur und unter lebhafter Entwickelung von Dampfblasen in der ganzen Flüssigkeit, so heißt es **Sieden.**

248. Jede Flüssigkeit hat ihren bestimmten **Siedepunkt,** und diese

Temperatur bleibt während des Siedens unverändert. Für Wasser ist dieser Siedepunkt beim mittleren Barometerstand (760 mm) 100° C.

249. Unter geringem Luftdruck (auf hohen Bergen, unter der Luftpumpe, im luftleeren Raum des Pulshammers) findet das Sieden bei einer niedereren Temperatur statt. Auf dem Mt. Blanc bei 86° C.

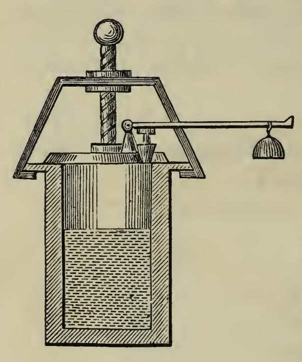


Fig. 86.

250. Bei größerem Luftdruck, im luftdicht verschlossenen Gefäß — **Papin's Topf** — (Fig. 86), kann das Wasser weit über 100° erhitzt werden, ohne zu sieden. Der Druck des am Entweichen gehinderten Wasserdampfes macht eine weitere Dampfbildung unmöglich. Sicherheits-Ventil.

251. Wie beim Schmelzen fester Körper, so wird auch beim Verdunsten flüssiger Körper der Umgebung Wärme entzogen. **Verdunstungskälte.**

252. Ein abgeschlossener Raum kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf (in Gasform) in sich aufnehmen. Sättigungsmenge. Der überschüssige Dampf schlägt sich an kalten Gegenständen in kleinen Tröpfchen nieder. Tau. Fensterschweiß. — Taupunkt.

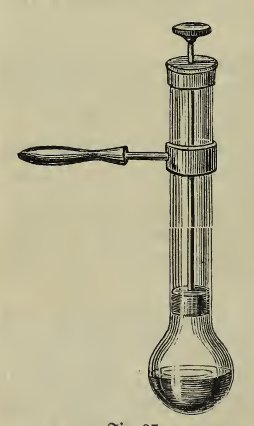


Fig. 87.

253. Je höher die Temperatur der Luft, desto mehr Wasserdampf vermag sie in sich aufgelöst zu erhalten. (Vergl. § 109).

Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft dienen die **Hygrometer.** — Haar-Hygrometer (Saussure). Aether-Hygrometer (Daniell). Psychrometer (August).

254. Die im Wasserdampf enthaltene (latente) Wärme wird bei der Verdichtung (Kondensation) desselben wieder frei. **Destillation.** Sie wird zum Trocknen, Heizen und Kochen benutzt; die Spannkraft des Dampfes dient als bewegende Kraft in der **Dampfmaschine.** (Fig. 87.) (Salomon de Caus 1615. Savary 1688.)

255. Bei der **atmosphärischen Dampfmaschine** (Newcomen 1705) wird der Kolben des

Dampfcylinders mittels des von unten einströmenden Dampfes gehoben und, nach Kondensierung des Dampfes (durch Einspritzen kalten Wassers), durch den Druck der Atmosphäre niedergedrückt. Die auf- und abgehende Bewegung des Kolbens bringt mittels eines Balanciers eine ähnliche Bewegung in einer Pumpe hervor und fördert das Grubenwasser aus den Kohlenbergwerken.

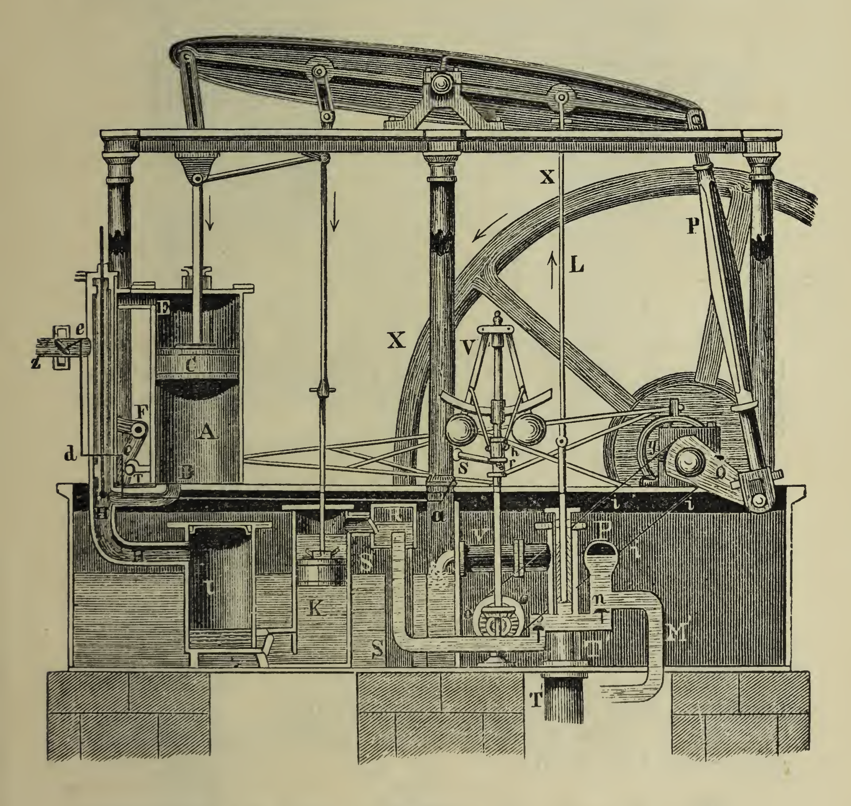


Fig. 88.

256. Bei der doppeltwirkenden **Watt'schen Dampfmaschine** (Fig. 88) tritt der Dampf erst in einen Dampf-

kasten und wird von hier mittels eines Schieberventils abwechselnd über und unter den Kolben in den Cylinder geführt. (Fig. 89. 90.) Schiebersteuerung. Excentrische Scheibe.

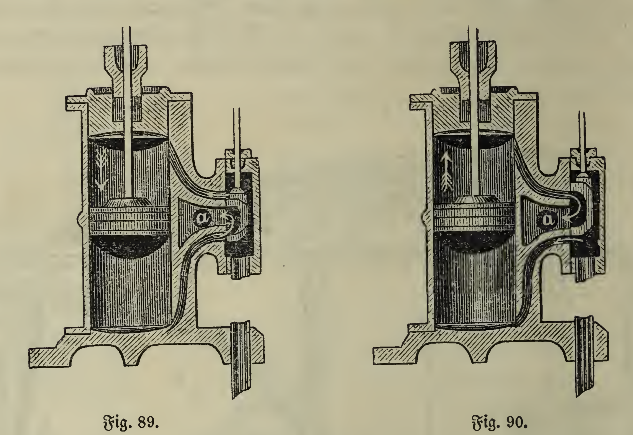


Fig. 89. Fig. 90.

Die auf- und abgehende Kolbenstange bewegt den Balancier und dieser mittels der Pleuelstange das Schwungrad, welches die Bewegung durch Zahnräder, Wellenleitung und Riemenscheiben fortpflanzt.

Damit die Kolbenstange in der Stopfbüchse senkrecht geführt werde, sind verschiedenartige Vorrichtungen in Anwendung, u. a. das Watt'sche Parallelogramm (1763).

Zur Erhaltung einer gleichmäßigen Bewegung des Schwungrades dient der Regulator. — Sicherheitsventile.

257. Wird der verbrauchte Dampf in einen Kondensator geleitet und dort verdichtet, so braucht der bewegende Dampf keine sehr große Spannung zu haben. **Niederdruckmaschine.**

Wird kein Kondensator angewandt, so hat man eine **Hochdruckmaschine.** Lokomotive (Fig. 91). (Stephenson 1829).

Eine auf einem Wagen gebaute und dadurch transportable Dampfmaschine heißt **Lokomobile.**

---

258. Mischt man zwei gleichartige Körper von gleicher Masse, aber verschiedener Temperatur, so giebt der eine genau so viel Wärme ab, als der andere gewinnt, und die Temperatur der Mischung ist das arithmetische Mittel aus den beiden Temperaturen; also $\frac{n^0 + m^0}{2}$.

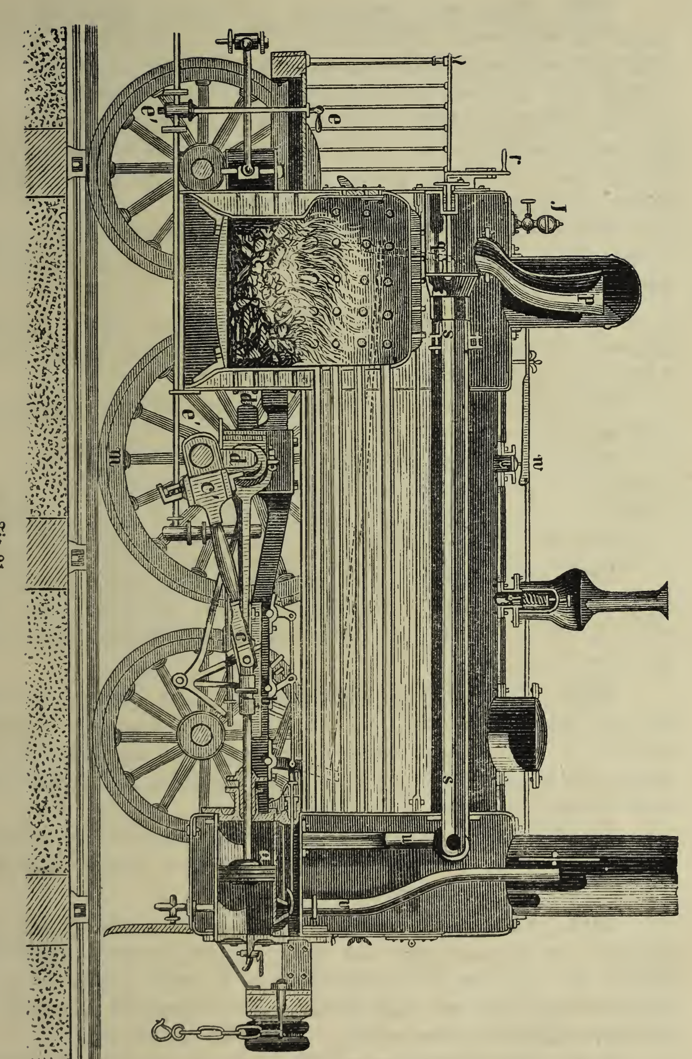


Fig. 91.

259. Mischt man dagegen zwei verschiedene Körper von gleicher Masse und verschiedenen Temperaturen, so ist die Temperatur der Mischung nicht das arithmetische Mittel. Wasser von 10° mit Terpentinöl von 60° gemischt, giebt z. B. eine Mischung nicht von 35°, sondern von 24°.

Um Wasser von 10° auf 24° zu bringen, ist ebenso viel Wärme nötig, als um Terpentinöl von 24° auf 60° zu bringen. Um die Temperatur des Wassers um 1° zu erhöhen, gehört also ebenso viel Wärme, als um die Temperatur des Terpentinöls um $2^4/_7{}^0$ zu erhöhen.

Wasser hat eine $2^4/_7$ mal so große **Wärmekapacität** oder specifische Wärme als Terpentinöl. Die des Quecksilbers ist nur $^1/_{35}$ von der des Wassers.

260. Die **specifische Wärme** eines Stoffes ist die Zahl der Wärmeeinheiten (Calorien), die erforderlich sind, um die Temperatur von 1 Gramm der Substanz um 1° zu erhöhen.

Als Wärmeeinheit gilt die Wärmemenge, die die Temperatur von 1 Gramm Wasser um 1° erhöht.

Mittlere Wärmekapacität einiger Körper:

Wasser	1	Eisen	0,114	Gold	0,032
Alkohol	0,602	Kupfer	0,095	Blei	0,031
Terpentinöl . .	0,440	Silber	0,057	Quecksilber . .	0,028.

261. Die specifische Wärme der einfachen Gase steht im umgekehrten Verhältnis ihrer Dichtigkeit. Gleiche Volumina verschieden dichter Gase erfordern also gleich viel Wärmeeinheiten, um ihre Temperatur um gleich viel Grad zu erhöhen.

262. Die vorzüglichste **Wärmequelle** ist die Sonne, (Hypothese von der Entstehung derselben und der Planeten — Kant und La Place); dann die in ihrem Innern feurig-flüssige Erde, wo die Temperatur bei je etwa 37m wachsender Tiefe um 1° zunimmt. Bohrlöcher. Artesische Brunnen. Heiße Quellen (Karlsbader Sprudel 60° R.).

Die Erde hat in historischen Zeiten keinen merklichen Wärmeverlust erfahren; die Sonne führt ihr ebenso viel Wärme zu, wie sie durch Ausstrahlung in den Weltraum verliert.

263. Außer diesen kosmischen Wärmequellen giebt es noch mechanische, durch Druck (Stoß) und Reibung hervorgebrachte — durch Kompression der Luft wird im pneumatischen Feuerzeug Schwamm entzündet — und chemische, durch Verbindung der Grundstoffe namentlich mit Sauerstoff (Oxydation), Verbrennung. Animalische Wärme.

Auch die Wärme-Erscheinungen werden durch die Undulations-Theorie erklärt. (§ 226.)

Meteorologische oder Witterungs-Erscheinungen.

264. Die Sonne erwärmt die verschiedenen Teile der Erdoberfläche in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten sehr ungleich.

Je höher die Sonne über dem Horizont steht, desto mehr Strahlen fallen auf einen gleichen Flächenraum. Daher die Abnahme der Wärme nach den Polen. — Zonen.

Das Maximum der Wärme an jedem Tage ist gegen 2 Uhr nachmittags, das in jedem Jahre, für unsere Hemisphäre, Ende Juli, immer nachdem der höchste Stand der Sonne bereits überschritten ist.

Das hohe Maß der Sommerwärme folgt 1) aus dem hohen Stand der Sonne, 2) aus der andauernden Einwirkung derselben an langen Tagen, 3) aus dem geringen Wärmeverlust in den kurzen Nächten.

Die intensive Winterkälte entspringt aus den umgekehrten Ursachen.

265. Mittlere Tages-, Monats-, und Jahreswärme. (Isothermen.) — Mittlere Sommerwärme. (Isotheren.) — Mittlere Wintertemperatur. (Isochimenen.) Mittlere Jahreswärme in Berlin 7,18° R.

Kontinentales und Seeklima. Abnahme der Temperatur mit der Erhebung über dem Meeresspiegel. Temperatur des Erdbodens.

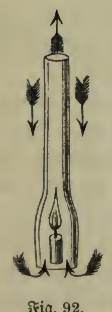
266. Durch die ungleiche Erwärmung der Luft entsteht eine Bewegung derselben, indem die kältere, dichtere Luft die wärmere, leichtere verdrängt. Luftströmungen oder **Winde.**

In Küstengegenden regelmäßige Seewinde am Tage und Landwinde des Nachts.

267. Durch die dauernde Erwärmung der Luft in der heißen Zone steigt hier die Luft fortwährend senkrecht in die Höhe, während von den Polen die **Polarströme** nach dem Äquator hinziehen.

Die aufsteigende warme Luft fließt dann oben zu beiden Seiten als **Äquatorialströme** nach den Polen zu ab.

Aehnlich ist der Vorgang im Cylinder einer brennenden Lampe (Fig. 92).


Fig. 92.

Durch die Achsendrehung der Erde von W. nach O. verwandelt sich der nördliche Polarstrom aus einem Nordwind allmählich in einen Nordost- und Ostwind, der südliche Polarstrom ebenso in einen Südost- und Ostwind, so daß um den Äquator herum stets ein **Ostwind** weht. **Der untere Passat.**

In ähnlicher Weise verwandelt sich der nördliche Äquatorialstrom in einen Südwest- und der südliche in einen Nordwestwind. **Der obere Passat.** Hadley 1735. Gürtel der Calmen (Windstillen).

Die Äquatorialströme senken sich in den gemäßigten Zonen zur Erde herab und fließen dann neben den Polarströmen — in entgegengesetzter Richtung — her, so daß an einem Orte bald der eine, bald der andere vorherrscht.

Durch diese Winde wird die der geographischen Lage eines Ortes entsprechende Temperatur wesentlich modificiert. — Dove's **Winddrehungsgesetz:** Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd, Südwest, West, Nordwest, Nord.

268. Kühlt sich die mit Wasserdampf gesättigte Luft ab, so kondensiert sich derselbe zu feinen Wasserbläschen (Dünsten), die an der Erdoberfläche als **Nebel,** in höheren Regionen als **Wolken** erscheinen. — Federwolke, Haufenwolke, Schichtwolke, Regenwolke.

269. Wird der Niederschlag des Wasserdampfes so reichlich, daß er zu schwer wird, um sich in der Luft zu halten, so fällt er als **Regen** herab, dessen Tropfen sich beim Durchgang durch die mit Wasserdampf gesättigte Luft immer mehr vergrößern. — Regenmesser. In Berlin beträgt die jährliche Regenmenge 58 cm.



Fig. 93.

270. Sinkt die Temperatur der Luft unter den Gefrierpunkt, so erstarrt der sich kondensierende Wasserdampf zu nadelförmigen Eiskrystallen, die sich zu sechsstrahligen Sternen verbinden: **Schnee.** (Fig. 93.) Schneegrenze. Firn. Gletscher. — Der Grindelwald-Gletscher in nur 1000 m Meereshöhe.

Graupeln, geschmolzene und wieder gefrorene Schneeflocken; und **Hagel,** plötzlich erstarrte Regentropfen, um die sich beim Fallen durch feuchte Luft schalenförmige Eisschichten bilden.

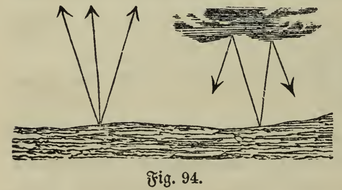


Fig. 94.

271. Durch die nächtliche Wärmestrahlung bei heiterem Himmel kühlen sich Gräser und rauhe Gegenstände bis unter den Taupunkt ab, so daß der Wasserdampf der Luft sich in Tropfen an dieselben ansetzt: **Tau.** Bei bedecktem Himmel taut es nicht. (Fig. 94.)

Sinkt die Temperatur der Gegenstände unter den Gefrierpunkt, so entsteht **Reif.** — Tau und Reif an der Erdoberfläche entsprechen dem Regen und Schnee in höheren Regionen.

VI. Abschnitt.

Vom Magnetismus.

272. Gewisse Eigenschaften der Körper, wie sie zuerst an einem bei der Stadt Magnesia gefundenen Eisenerz wahrgenommen wurden, nennt man **magnetische.**

273. Der Magneteisenstein oder der **natürliche Magnet** zieht Eisen (Kobalt, Nickel u. A.) an, u. z. am stärksten an zwei gegenüberliegenden Stellen, welche die **Pole** des Magnets heißen.

Gegen die Mitte hin wird die Anziehung immer schwächer — Indifferenzstelle. Armatur des Magnets.

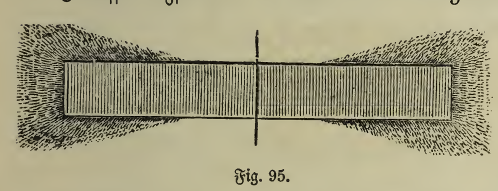


Fig. 95.

274. Durch Bestreichen mit einem natürlichen Magnete werden aus Stahl (in Stab-, Hufeisen- oder Nadelform) **künstliche Magnete** (Fig. 95) hergestellt, die dieselben Eigenschaften wie jener haben. (Einfacher Strich, Doppelstrich.)



Fig. 96.

275. Ein in horizontaler Lage frei beweglicher Magnet richtet den einen Pol stets nach Norden, den anderen nach Süden. Nordpol. Südpol. Magnetnadel (Fig. 96). — Kompaß. — Astatische Nadel.

276. Ist von zwei Magneten der eine (oder auch beide) beweglich, so ziehen die ungleichnamigen Pole einander an, die gleichnamigen stoßen einander ab. (Freundschaftliche, feindliche Pole.)

277. Die Stärke der magnetischen Anziehung und Abstoßung nimmt mit der Entfernung ab, u. z. so wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. (Coulombs Drehwage).

278. Auch weiches Eisen wird zu einem Magnet, so lange es von einem Magnet angezogen ist; es verliert aber den

Magnetismus wieder, wenn es vom Magnet entfernt wird; Stahl dagegen wird dauernd magnetisch.

279. Jeder magnetische Pol ruft in seiner Umgebung den entgegengesetzten Magnetismus hervor, so daß weiches Eisen schon kurz vor der Berührung mit dem Magnet zwei Pole erhält. — **Magnetische Verteilung** (Influenz.)

280. Wird ein Magnet nicht beschäftigt, so schwächt sich seine anziehende Kraft ab; sie kann aber gestärkt werden, wenn man den Magnet nach und nach immer größere Gewichte tragen läßt. Anker (Fig. 97). — Magnetisches Magazin.

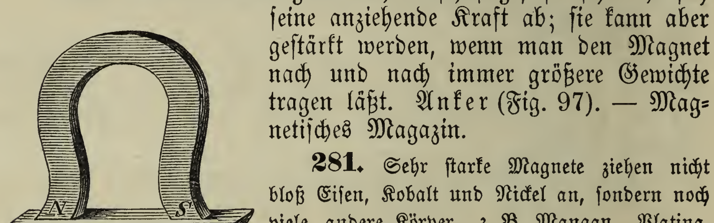


Fig. 97.

281. Sehr starke Magnete ziehen nicht bloß Eisen, Kobalt und Nickel an, sondern noch viele andere Körper, z. B. Mangan, Platina, Papier, Siegellack, Kohle u. s. w. Alle nicht angezogenen Körper werden von beiden Polen abgestoßen, so z. B. Zink, Zinn, Quecksilber, Blei, Silber, Kupfer, Gold, Bergkrystall, Schwefel, Harz, Zucker, Holz, Elfenbein u. A.

Hängt man kleine Stäbchen der verschiedenen Körper zwischen die Pole eines starken Magnets, so richten sie sich entweder mit ihren Enden gegen die Pole hin — **axial,** oder sie stellen sich quer — **äquatorial;** jene heißen magnetisch, diese **diamagnetisch** (Faraday 1845).

282. Nur an wenigen Stellen der Erde zeigt der Nordpol der Magnetnadel genau nach Norden, meistens weicht er mehr oder weniger nach Westen oder nach Osten ab. Diese Abweichung von der Nordrichtung heißt die **magnetische Deklination.** — Magnetische und astronomische Meridiane. Deklinationsnadel. (Columbus 1492).

283. Die krumme Linie, welche alle Punkte auf der Erde verbindet, die keine Deklination zeigen, heißt die Linie ohne Abweichung (agonische Linie). Die Linien, welche die Punkte gleicher Deklination verbinden, heißen isogonische Linien.

Die Westküste Amerika's, der große Ocean und fast ganz Asien haben eine östliche Deklination; Europa, Afrika, der Osten Amerika's eine westliche. — In Berlin ist die westliche Deklination jetzt 11° 23′ (1805 war sie 18°). Schwankungen der Deklination (tägliche, jährliche, säkulare; jährliche Abnahme etwa 8′).

284. Hängt man eine Magnetnadel im magnetischen Meridian so

auf, daß sie sich in vertikaler Ebene frei bewegen kann, so neigt sich der Nordpol um so mehr nach unten, je mehr man sich vom Äquator nach Norden entfernt. Diese Abweichung von der horizontalen Lage heißt **magnetische Inklination.** (Fig. 98.) Sie ist in Berlin 67°.

285. Um den Äquator herum ist keine Inklination vorhanden. Es giebt aber im nördlichen und im südlichen Eismeer je einen Punkt, wo die Inklination 90° beträgt, die Nadel also senkrecht steht; das sind die **magnetischen Pole der Erde.** Die Linie, welche alle Punkte ohne Inklination verbindet, heißt aklinisch, diejenigen Linien, welche die Punkte gleicher Inklination verbinden, heißen isoklinisch. — Magnetischer Äquator.

286. Eine in der Richtung der Inklinationsnadel dauernd befestigte Eisenstange wird magnetisch durch den Einfluß des **Erdmagnetismus.** — Polarlicht.

Fig. 98.

VII. Abschnitt.

Von der Elektrizität.

287. Gewisse Eigenschaften der Körper, die man zuerst an geriebenem Bernstein (Elektron) wahrgenommen hat, nennt man **elektrische.** Reibungs-Elektrizität.

288. Bernstein, Harze, Schwefel, Glas und andere Körper bekommen durch **Reiben** die Eigenschaft, leichte Körperchen anzuziehen und gleich wieder abzustoßen (Fig. 99). Gilbert 1600.

289. Diese Körper verlieren durch Berührung mit anderen, nicht elektrischen Körpern, an den Berührungsstellen einen Teil ihrer Elektrizität und können so allmählich unelektrisch gemacht werden.

Andere elektrische Körper, besonders Metalle, geben bei Berührung alle Elektrizität auf einmal ab; man nennt sie daher elektrische Leiter.

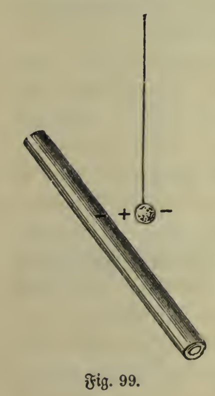


Fig. 99.

Einen Leiter isolieren heißt: ihn mit Nichtleitern (Isolatoren) umgeben.

290. Gute Leiter sind: Metalle, Erze, Graphit, Kohle, flüssige Säuren; mäßig gute: Wasser, feuchte Luft, Pflanzen- und Thierkörper.

Schlechte Leiter sind: trockenes Glas, Harz, Gutta-Percha, Schwefel, Siegellack, Bernstein, Seide, Haare, trockene (nicht verdünnte) Luft.

Halbleiter sind: Papier, Holz, Elfenbein, Kreide, Marmor u. a. Steine. — Alkohol.

291. Ist ein Körper mittels geriebenen Glases elektrisch gemacht, so wird er von demselben abgestoßen, dagegen von geriebenem Siegellack angezogen, und umgekehrt.

Man unterscheidet daher zwei Arten Elektrizität: **Glas-Elektrizität** und **Harz-Elektrizität.** (Elektrische Fluida).

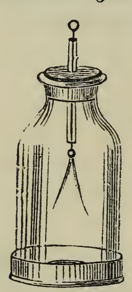


Fig. 100.

292. Gleichartige Elektrizitäten stoßen einander ab, ungleichartige Elektrizitäten ziehen einander an. — **Elektroskop.** (Fig. 100.) Die Elektrizität befindet sich an Leitern immer an der Oberfläche.

293. Wird einem glaselektrischen Körper ein gleich stark harzelektrischer Körper genähert, so ziehen beide sich lebhaft an, zeigen sich nachher aber ganz unelektrisch.

Man nennt daher die eine (Glaselektrizität) **positive** (+ E), die andere (Harzelektrizität) **negative** (— E).

294. Beim Reiben zweier Körper wird immer der eine positiv, der andere negativ elektrisch.

Glas, mit Seide (auch Baumwolle und Leinewand) gerieben, wird + elektrisch, das Reibzeug — elektrisch. Siegellack oder Kautschuk, mit Flanell (auch Seide, Baumwolle und Leinewand) gerieben, wird — elektrisch, das Reibzeug + elektrisch.

Wird dagegen Glas mit Flanell oder Katzenfell gerieben, so wird es — elektrisch, sowie Siegellack mit Collodium gerieben + elektrisch wird.

295. In folgender Reihe verhalten sich die Körper so zu einander, daß von je zwei mit einander geriebenen der voranstehende positiv, der nachfolgende negativ elektrisch wird: (+) Katzenfell, poliertes Glas, Wollenzeug, Papier, Seide, Holz, Metalle, Harz, Bernstein, Schwefel, Collodium (—).

296. An der **Elektrisiermaschine** lassen sich außer der Anziehung und Abstoßung auch noch andere elektrische Eigenschaften nachweisen.

(Fig. 101.) Die Teile der Elektrisiermaschine sind: 1. der **geriebene Körper,** eine mittels einer Kurbel drehbare Glasscheibe, 2. das **Reibzeug,** zwei mit einer Metallmischung*) bestrichene Lederkissen und 3. der **Conductor,** eine auf einem isolierenden Glasfuß stehende hohle Messingkugel nebst den Einsaugern. — (Otto v. Guericke 1672.)

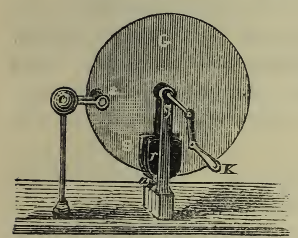


Fig. 101.

Der elektrische Funke, das knisternde Geräusch, der phosphorartige Geruch, der säuerliche Geschmack (Ozon — Schönbein), das spinnewebartige Gefühl. Elektrisches Glockenspiel, Puppentanz, elektr. Sichel, elektr. Pistole, Entzündung des Aethers, Ausströmung aus Spitzen: Strahlbüschel + E, Funke — E.

297. Jeder elektrische Körper ruft in seiner Umgebung die entgegengesetzte Elektrizität hervor. (Fig. 102.)

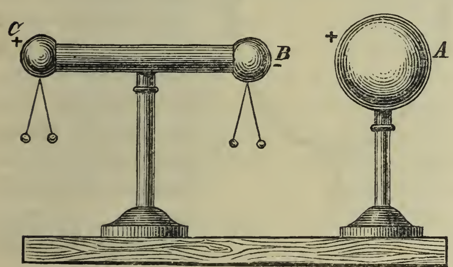


Fig. 102.

In einem unelektrischen Körper, der einem elektrischen nur genähert wird, geht eine **Verteilung** (Influenz) vor sich, wodurch beide Arten Elektrizität an den entgegengesetzten Enden erscheinen. — Holtz'sche Influenzmaschine.

298. Das **Elektrophor** (Volta 1775) dient zur Erzeugung größerer Elektrizitätsmengen durch Verteilung. (Fig. 103.)

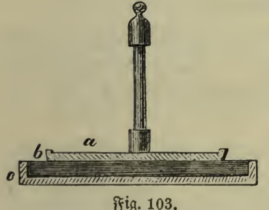


Fig. 103.

Es besteht aus 1. einer **Harzscheibe** (Kuchen) auf einer leitenden Unterlage (der Form) und 2. dem **Deckel,** einer mit isolierendem Griff versehenen Metallscheibe.

*) Das Kienmayer'sche Amalgam besteht aus 2 Teilen Quecksilber, 1 Teil Zinn und 1 Teil Zink.

Durch Peitschen mit einem Fuchsschwanz (Katzenfell) wird die Harzscheibe negativ elektrisch gemacht. Im aufgelegten Deckel geht eine Verteilung vor sich, die untere Fläche desselben wird +, die obere — elektrisch. Leitet man die freie — E ab und hebt dann den Deckel isoliert ab, so zeigt er sich + elektrisch.

Fig. 104.

Lichtenberg'sche Figuren. **Kondensator.** (Fig. 104). Glas-Elektrophor.

299. Zur Ansammlung größerer Mengen beider Arten Elektrizität dient die Franklin'sche Tafel und die **Leydener** oder Kleist'sche **Flasche** (1746) (Fig. 105).

Diese besteht aus einem cylindrischen Glasgefäß, das von innen und außen, bis auf einen nicht zu schmalen Rand, mit Stanniol belegt ist. Mit der inneren Belegung steht ein in einen Metallknopf endender Draht in Verbindung.

Fig. 105.

Fig. 106.

Laden und Entladen der Flasche. — Auslader (Fig. 106). Elektrische Batterie. Elektrische Erschütterung.

300. Durch Entladung der Leydener Flasche mittels langer, vielfach gewundener Drähte und Beobachtung der Funken in einem sehr schnell rotierenden Spiegel hat Wheatstone die **Geschwindigkeit** der Elektrizität auf 60 000 Meilen in der Sekunde berechnet.

301. Luftelektrizität. Das Gewitter ist eine elektrische Erscheinung: Blitz (Funke), Donner (Knistern). — Wetterleuchten.

Blitzableiter (Franklin 1771). — St. Elmsfeuer. Wasserhosen. Polarlicht.

302. Mittels des Kondensators (Volta 1745—1827) läßt sich zeigen, daß durch **Berührung** zweier verschiedener Metalle in dem einen positive, in dem anderen negative **Elektrizität** erregt wird. **Galvanismus.** Berührungs-Elektrizität.

Galvani's Froschschenkelversuch 1786.

303. Die Volta'sche Spannungsreihe zeigt die Körper in ihrer elektrischen Eigenschaft. Von je zwei sich berührenden wird der voranstehende positiv, der nachfolgende negativ elektrisch: (+) Zink, Blei, Zinn, Eisen, Stahl, Messing, Kupfer, Magneteisenstein, Silber, Nickel, Quecksilber, Gold, Platina, Kohle, Graphit, Braunstein (—).

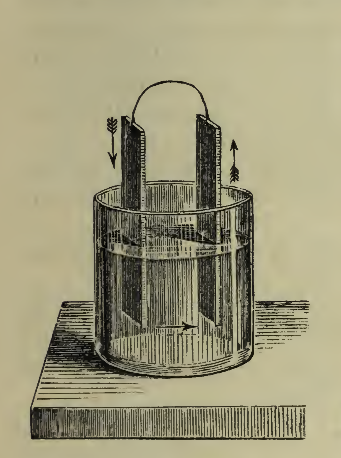


Fig. 107.

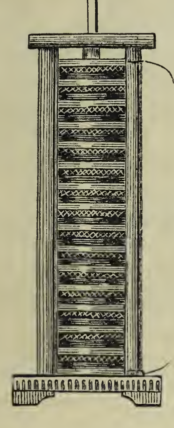


Fig. 108.

304. Auch durch Berührung fester Leiter mit Flüssigkeiten (Säuren) wird Elektrizität erregt, u. z. wird die Flüssigkeit stets positiv.

305. Bringt man zwischen zwei Metallplatten einen feuchten Leiter (Zink, f. Leiter, Kupfer), so hat man eine einfache Volta'sche Kette, und verbindet man die beiden Metalle mit einem Draht, so ist die Kette geschlossen (Fig. 107).

In der geschlossenen Kette geht ein **positiver Strom** vom Zink durch den feuchten Leiter zum Kupfer und durch den Draht wieder zum Zink, während vom Kupfer aus ein schwächerer negativer Strom in entgegengesetzter Richtung cirkuliert.

306. Die **Volta'sche Säule** besteht aus Hunderten einfacher Ketten und ihre Wirkung ist eine so viel mal stärkere. (Fig. 108.)

Offene und geschlossene Säule. Poldrähte. Zamboni's trockene Säule (aus Gold- und Silberpapierscheiben). — Volta's Becherapparat.

307. Die **konstanten Ketten** sind viergliedrig, indem

zu den zwei Metallen zwei Flüssigkeiten (Säuren) kommen, die durch eine poröse Tonzelle getrennt sind.

a) Bei der **Daniell'schen** (Zink — Kupfer-) **Kette** taucht das Zink — wie bei den folgenden — in verdünnte Schwefelsäure, das Kupfer in concentrierte Kupfervitriollösung. Eine verbesserte Form ist die Meidinger'sche.

b) Bei der **Grove'schen** (Zink — Platina-) **Kette** taucht das Platina in rauchende Salpetersäure.

c) Bei der **Bunsen'schen** (Zink — Kohle-) **Kette** taucht die Kohle ebenfalls in Salpetersäure. (Fig. 109.) — Flaschen-Element.

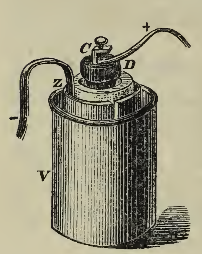


Fig. 109.

Bei all diesen Ketten geht der positive Strom vom Zink durch die Flüssigkeiten nach dem anderen Körper, der negative innerhalb der Kette nach dem Zink, so daß der Poldraht am Zink der negative ist.

308. Durch den galvanischen Strom werden chemisch zusammengesetzte Körper in ihre Elemente zerlegt. **Wasserzersetzung.** Galvanische Vergoldung, Versilberung. **Galvanoplastik.**

309. Der elektrische Strom zwischen Kohlenspitzen erzeugt das **elektrische Licht.** Jablochkoff'sche Kerzen. Edison's elektr. Lampe. — Der weniger gut leitende Platindraht wird durch den Strom geschmolzen. Minensprengung.

---

310. Geht ein galvanischer Strom bei einer frei anfgehängten Magnetnadel vorbei, so sucht diese sich senkrecht gegen den Leitungsdraht zu stellen. (Oersted 1820).

Nach der Ampère'schen Regel wendet sich der Nordpol der Magnetnadel immer nach der linken Seite eines mit dem positiven Strom Schwimmenden, der der Nadel zugewandt ist. — Stromwender. — Multiplikator mit der astatischen Nadel. Galvanometer.

311. Ein Eisenstäbchen, quer über den Leitungsdraht gelegt, wird magnetisch, stärker noch, wenn es von einem elektrischen Strom spiralförmig umkreist wird. — **Elektromagnetismus.**

312. Im Stahl wird durch die elektrische Spirale dauernd Magnetismus hervorgerufen, im weichen Eisen vorübergehend.

Durch Schließen des Stromes wird ein hufeisenförmiges, von einer Drahtspirale umgebenes Eisen zu einem kräftigen **Elektromagnet** (Fig. 110), der aber seinen Magnetismus sofort verliert, wenn der Strom geöffnet wird.

Stromunterbrecher (Neef'scher Hammer).

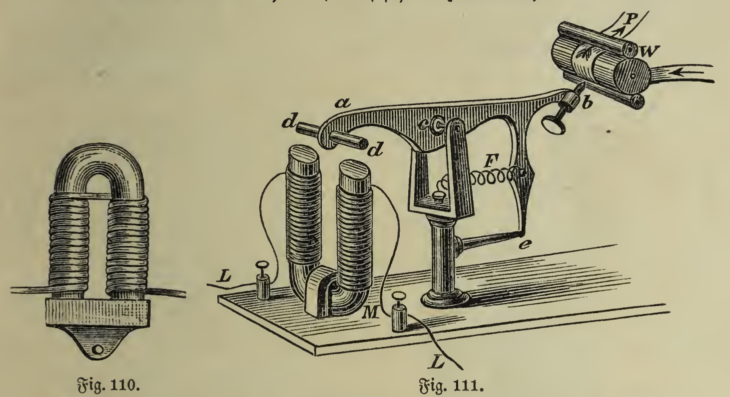


Fig. 110. Fig. 111.

313. Anwendung des Elektromagnetismus auf die Telegraphie. Gauß', Steinheil's und Wheatstone's Nadeltelegraphen. Vollkommener: Wheatstone's und Siemens' **Zeigertelegraph** und **Morse's Schreibtelegraph** (Fig. 111).

So oft der hebelartige Anker beim Schließen des Stromes vom Elektromagneten angezogen wird, drückt sich der am anderen Ende befindliche Stift gegen einen fortrückenden Papierstreifen und verzeichnet dort einen Punkt oder Strich, je nachdem das Schließen des Stromes eine kürzere oder längere Zeit andauert. Aus Punkten und Strichen besteht das Morse'sche Alphabet, z. B.

—‥ . ‥— — ... —.—. .... .—‥ .— —. —‥
d e u t s c h l a n d.

Die Drahtleitung von der Aufgabestation nach der Empfangsstation braucht nur einfach zu sein (Steinheil 1838), wenn die Drahtenden hier und dort in die feuchte Erde geleitet werden. — Typentelegraphen (Hughes 1861).

314. Zwei parallele Stromleiter ziehen einander an, wenn sie von gleich gerichteten, stoßen einander ab, wenn sie von entgegengesetzt gerichteten Strömen durchflossen werden.

Nicht parallele Stromleiter suchen sich parallel zu stellen.

315. Eine von einem elektrischen Strom durchflossene, frei bewegliche **Drahtspirale** (das Solenoïd) verhält sich wie ein Magnetstab. Sie

hat ihre Pole, die sich durch die Ampère'sche Regel bestimmen lassen. — Zwei Solenoïde ziehen sich mit den ungleichnamigen Polen an und stoßen sich mit den gleichnamigen ab.

316. Nach Ampère's Theorie ist ein Magnet ein Stück Eisen, das von parallelen Strömen umkreist wird.

317. Beim Entstehen und Verschwinden eines elektrischen Stroms werden in einem benachbarten geschlossenen Leiter elektrische Ströme erregt, die man **Induktionsströme** nennt.

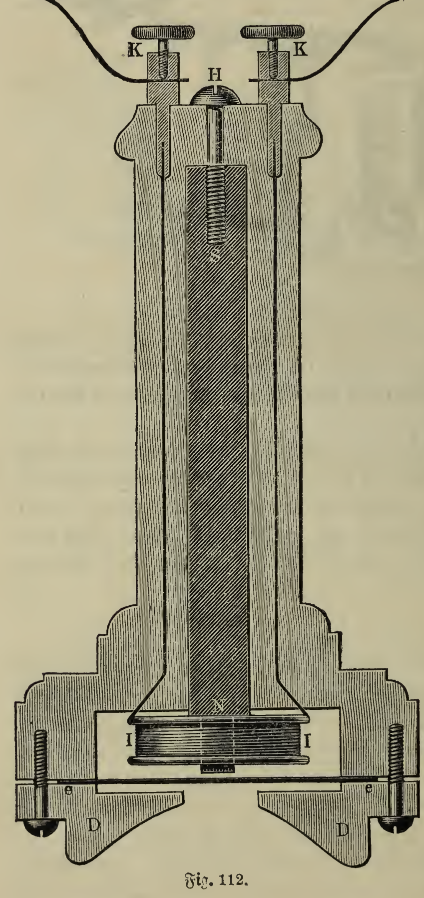


Fig. 112.

Der Schließungsstrom ist dem inducierenden Strom entgegen gerichtet, der Öffnungsstrom dagegen gleich gerichtet. Faraday 1831. (Inducierender und Induktionsstrom).

318. Statt des inducierenden Stromes kann auch ein Magnet zur Erzeugung von Induktionsströmen benutzt werden.

Beim Einschieben eines Magnetstabes in eine Drahtspirale entsteht in derselben ein Strom, beim Herausziehen des Magnets ein Strom in entgegengesetzter Richtung. — **Magneto-elektrische Induktionsströme.** Magnetelektrische Maschinen. Siemens' elektrodynamische Maschine.

Ein Elektromagnet erzeugt auch in der ihn umkreisenden Spirale Induktionsströme, die verschieden gerichtet sind beim Magnetisieren und Entmagnetisieren desselben. — Extrastrom.

Physiologische Wirkungen der Induktions-Apparate. —

319. Das **Bell'sche Telephon** (1877) besteht aus zwei gleichen Apparaten (Fig. 112),

die durch Leitungsdrähte mit einander verbunden sind. Spricht man in die Schallöffnung hinein, so versetzt man eine dünne eingespannte Eisenplatte — wie das Trommelfell des Ohrs — in Schwingungen, wodurch der Abstand derselben von dem nahe dahinter befindlichen Stahlmagnet abwechselnd bald kleiner, bald größer, und demgemäß der Magnetismus desselben abwechselnd gestärkt und geschwächt wird. Dies hat auf die den Magnetstab umgebende Induktionsrolle die Wirkung, als ob der Magnet heraus- und hereingezogen würde (§ 318); es entstehen und wechseln also in derselben elektrische Ströme. Ganz dieselben Ströme müssen aber auch in der Induktionsrolle des anderen Apparats entstehen, die — umgekehrt — den Magnetismus des dortigen Magnets abwechselnd stärken und schwächen, und dadurch genau die gleichen Schwingungen in der Eisenplatte erzeugen. Ein der Schallöffnung genähertes Ohr hört daher auch in weiter Ferne die auf der ersten Station hineingesungenen oder gesprochenen Laute. —

320. Thermo-elektrische Ströme werden hervorgerufen, wenn verschiedenartige Metalle (z. B. Kupfer und Antimon) an der Lötungsstelle ungleich erwärmt werden.

321. Manche Fische haben ein elektrisches Organ, mittels dessen sie elektrische Schläge erteilen können.

Der Zitterrochen des Mittelmeers, der Zitterwels im Nil und Senegal, und der Zitteraal in den Seen des tropischen Amerika.

Anhang.

Zur Chemie.

1. Die Chemie lehrt zusammengesetzte Körper in ihre Grundstoffe oder **Elemente** zerlegen, und aus den Elementen zusammengesetzte Körper oder **chemische Verbindungen** herstellen. Chemischer Prozeß. (Chemische Verbindung, zu unterscheiden von mechanischer Mischung oder Gemenge.)

2. Die chemischen Verbindungen haben meist ganz andere Eigenschaften als ihre Elemente, doch ist das Gewicht eines zusammengesetzten Körpers der Summe der Gewichte seiner Bestandteile vollkommen gleich.

3. Die geringste Menge eines Elementes, die in eine chemische Verbindung eintreten kann, heißt ein **Atom.** Die geringste Menge eines Stoffes, die im freien Zustande bestehen kann, heißt ein **Molekül.**

4. Man kennt 63 Elemente, die bis jetzt durch kein Mittel in einfachere Stoffe haben zerlegt werden können. Da Wasserstoff der leichteste aller Grundstoffe ist, so werden alle übrigen Elemente mit ihm verglichen, sowohl in Bezug auf Atomgewicht, als auf Wertigkeit.

5. Das **Atomgewicht** zeigt an, wievielmal so schwer ein Atom eines Elementes als ein Wasserstoffatom ist. Ein Element ist **ein-** oder **mehrwertig,** je nachdem ein Atom desselben im Stande ist, ein oder mehrere Atome Wasserstoff (oder eines anderen einwertigen Elementes) zu binden oder zu ersetzen.

6. Die chemischen Verbindungen der Körper erfolgen stets nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen (Atomgewichten). In demselben Gewichtsverhältnis, in dem sich ein Element mit einem zweiten vereinigt, vereinigt es sich auch mit jedem anderen Element. — **Gesetz der einfachen Proportionen.** — Gesetz der multiplen (vielfachen) Proportionen.

7. Man teilt die Elemente in Metalloïde und Metalle, die letzteren wieder in leichte und schwere und noch in andere Unterabteilungen.

A. Metalloïde. (13.)

8. Wasserstoff, Hydrogenium. H. 1. I*). Spec. Gew. 0,069

---

*) Der Buchstabe ist das Zeichen für das Element, die arabische Ziffer bezeichnet das Atomgewicht und die römische Ziffer die Wertigkeit.

(s. Phys. § 14). Das leichteste Gas, brennbar; beim Verbrennen entsteht Wasser. — Döbereiner'sche Zündmaschine. Platinschwamm.

9. Chlor, Chlorum. Cl. 35,5. I. Spec. Gew. 2,44; ein giftiges Gas. Verbindung: HCl, Chlorwasserstoff, Gas von 1,264 spec. Gew. — Wasser absorbiert das 500fache Volumen = **Salzsäure.**

10. Brom, Br. 80. I. — **Jod,** J. 127. I. — **Fluor,** Fl. 19. I.

11. Sauerstoff, Oxygenium. O. 16. II. Spez. Gew. 1,1056 (Ozon, Antozon) Gas; unterhält und fördert die Verbrennung, bildet mit H_2 **Knallgas.** Verb.: H_2O **Wasser.** — H_2O_2 Wasserstoffsuperoxyd. — $HClO$ [Cl_2O] Unterchlorige Säure [Unterchlorige Säure Anhydrid]. — $HClO_2$ [Cl_2O_3] chlorige Säure. — $HClO_3$ [Cl_2O_5] Chlorsäure. — $HClO_4$ [Cl_2O_7] Überchlorsäure.

12. Schwefel, Sulphur. S. 32. II. Spec. Gew. 2,045. (Stangenschwefel, Schwefelblume. — Verb.: H_2S Schwefelwasserstoff, brennbares Gas, große Verwandtschaft zu Metallen, (Anlaufen derselben). — ClS, Schwefelchlorür. — H_2SO_3 [SO_2], schweflige Säure (ihre bleichende und konservierende Wirkung). — H_2SO_4 [SO_3] Schwefelsäure (englische, Nordhäuser-Vitriolöl).

13. Selen, Se. 79. II.

14. Stickstoff, Nitrogenium. N. 14. III. Spec. Gew. 0,972. (Atm. Luft $79\% N + 21\% O$). Verb.: NH_3 Ammoniak, Gas, spec. Gew. 0,59. Wasser absorbiert das 1000fache Volumen: Salmiakgeist. — (NH_4 Ammonium wirkt wie ein Metall, s. § 22). — NCl_3, Chlorstickstoff, eine gelbe Flüssigkeit und NJ_3, Jodstickstoff, ein schwarzes Pulver, explodieren leicht. — HNO_3 [N_2O_5], Salpetersäure (Scheidewasser), mit HCl gemischt = Königswasser. — NO_2 oder N_2O_4, Untersalpetersäure. — HNO_2 [N_2O_3], salpetrige Säure. — NO oder N_2O_2, Stickoxyd. — N_2O, Stickoxydul (Lustgas).

15. Phosphor, Phosphorus. P. 31. III. Spec. Gew. 1,43 [weißer, roter (amorpher) und schwarzer Ph.]. Verb: H_3P, Phosphorwasserstoff, gasförmig, H_4P_2, flüssig, entzündet sich an der Luft. H_2P_4 fest. — H_3PO_4 [P_2O_5], Phosphorsäure. — H_3PO_3 [P_2O_3], phosphorige Säure. — H_3PO_2, unterphosphorige Säure.

16. Bor, Boron, B. 11. III. Diamantartig. Verb.: H_3BO_3 [B_2O_3], Borsäure.

17. Kohlenstoff, Carbo. C. 12. IV. (Diamant, spec. Gew. 3,5. Graphit, spec. Gew. 2. Amorphe Kohle). Verb.: CH_4, leichter Kohlenwasserstoff (Grubengas). — C_2H_4, schwerer Kohlenwasserstoff (Äthylen). — **Leuchtgas** = $26\% H$, $52\% CH_4$, $13\% C_2H_4$ u. s. w. — CO_2 Kohlensäure. — $C_2H_2O_4$ [C_2O_3] Oxalsäure (im Kleesalz). — CO, Kohlenoxyd, giftig, verbrennt mit blauer Flamme zu CO_2. — CS_2, Schwefelkohlenstoff (zum Ent-

fetten der Wolle). — CN, Cyan (Cy), giftiges Gas, verbrennt zu CO_2 und N. — HCy, Blausäure, eines der heftigsten Gifte.

18. Kiesel, Silicium. Si. 28. IV. Verb.: H_4SiO_4 [SiO_2], Kieselsäure (Quarz, Bergkrystall). — Glasfabrikation.

B. Metalle.

1. Leichte Metalle. a) Metalle der Alkalien. (6.)

19. Kalium, K. 39. I. Spec. Gew. 0,86.; oxydiert leicht, zersetzt das Wasser. Verb.: HKO, Ätzkali. — K_2S, Schwefelkalium. — K_2S_5 Schwefelleber. — KCl, KBr, KJ, KCy, Chlor-, Brom-, Jod-, Cyankalium — Haloïdsalze. — K_2CO_3, kohlensaures Kalium (Potasche). — $HKCO_3$, zweifach kohlens. K. — K_2SO_4, schwefels. K. — KNO_3, salpeters. K. (Kalisalpeter). — **Schießpulver:** 75% KNO_3, 11,5% S, 13,5% C. — $KClO_3$, chlors. K. (Schwed. Zündhölzchen). — $K_2C_2O_4$, oxals. K. — HKC_2O_4, saures oxals. K. (Kleesalz). — K_2SiO_3, kiesels. K. (Kali-**Wasserglas**). —

20. Natrium, Na. 23. I. Spec. Gew. 0,97 (ähnlich wie K). Verb.: HNaO, Ätznatron, Na_2O, Natriumoxyd (Natron). — Na_2S, Schwefelnatrium. — NaCl, Chlornatrium (Kochsalz, Steinsalz, Soole). — Na_2CO_3 + aq., kohlens. N. (Soda). — $HNaCO_3$, saures kohlens. N. (N. bicarbonicum) — mit Weinstein (saures, weins. Kalium) **Brausepulver.** — $NaNO_3$, salpeters. N. (Natronsalpeter). — Na_2SO_4 + aq. schwefels. N. (Glaubersalz). — $N_2B_4O_7$ + aq., saures bors. N. (Borax), zum Desoxydieren der Metalle beim Löten. — Na_2SiO, kiesels. N. (N. Wasserglas). — **Glasfabrikation:** Kieselsäure (Quarz, Sand, Feuerstein), Kali oder Natron (Potasche, Soda, Glaubersalz), Kalk (Marmor, Kalkspat) = Kronglas. Flintglas (bleihaltig). —

21. Cäsium, Cs. 133. I. — **Lithium,** Li. 7. I. — **Rubidium,** Rb. 85,4. I.

22. Ammonium (NH_4, s. § 14.), Am. 18. I. Verb.: AmCl oder NH_4Cl, Chlorammonium (Salmiak). — $Am_4C_3O_8$, kohlens. A. (Hirschhornsalz). — $AmNO_3$, salpeters. A. — zu Kältemischungen.

b) Metalle der alkalischen Erden. (13.)

23. Barium, Ba. 137. II. Verb.: BaO, Bariumoxyd (Baryt). — BaS, Schwefelbarium. — $BaCl_2$, Chlorbarium. — $BaSO_4$, schwefels. Baryt (Schwefelspat; mit H_2SO_4 = blanc fixe). — $BaCO_3$, kohlens. B. (Witherit).

24. Strontium, Sr. 87,5. II. Spec. Gew. 2,54. Verb.: $SrCl_2$, Chlorstrontium, (rote Flamme). — $SrSO_3$, schwefels. Str. (Cölestinspat). —

$SrCO_3$ kohlens. Str. (Strontianit). — SrN_2O_6, salpeters. Str. (bengalisch rot).

25. Calcium, Ca. 40. II. Spec. Gew. 1,58. Verb.: CaO, Calciumoxyd (Ätzkalk). — H_2CaO_2, Kalkhydrat oder gelöschter Kalk (Kalkmilch, Kalkwasser). — CaS, Schwefelcalcium; H_2CaS_2 = Schwefelwasserstoff und Kalkmilch (Rhusma, zur Entfernung der Haare). — $CaCl$, Chlorcalcium (sehr hygroskopisch). — $CaFl_2$, Fluorcalcium (Flußspat). — $CaCO_3$, kohlens. Kalk (Marmor, Kreide, Kalkstein). — $CaSO_4$, schwefels. K. (Gips, Alabaster, Marienglas). — $Ca_3P_2O_8$, phosphors. Kalk (mit $CaCO_3$ = Knochenerde). — $CaOCl$, Chlorkalk (Gemenge aus unterchlorigs. K. und Chlorcalcium) Bleich- und Desinfektionsmittel.

26. Magnesium, Mg. 24. II. Spec. Gew. 1,74. (verbrennt mit hellleuchtender Flamme). Verb.: MgO, Magnesiumoxyd (Magnesia usta, Talk- oder Bittererde). — $MgSO_4$ + aq. schwefels. M. (Bittersalz). — $MgCO_3$, kohlens. M. — $HMgPO_4$, phosphors. M. — Mg_2SiO_4, kiesels. M. (im Speckstein, Talk, Meerschaum, Serpentin).

27. Cer, Ce. 92. II. — **Lanthan,** La. 92,5. II. — **Didym,** Di. 95. II. — **Yttrium,** Y. 61,7 II. — **Erbium,** E. 112,6. II. — **Beryllium,** Be. 9,3. II.

28. Aluminium, Al. 27,5. III. Spec. Gew. 2,67. Verb: Al_2O_3, Aluminiumoxyd (Thonerde) — Korund, Rubin, Saphir, Smirgel. — $Al_23(SO_4)$, schwefels. Th. + K_2SO_4 + aq. (Alaun, ein Doppelsalz). — Al_2SiO_7, kiesels. Th. (Thon) — lapis lazuli (Ultramarin): Porzellan, Steingut, Fayance, Töpferthon, Ziegel.

29. Zirconium, Zr. 89,6. IV. — **Thorium,** Th. 231,5. IV.

2. Schwere Metalle. a. Unedle Metalle. (23.)

30. Thallium, Tl. 204. I.

31. Mangan, Manganium, Mn. 55. II (VI). Spec. Gew. 8. Verb.: MnO, Manganoxydul. — Mn_2O_3, Manganoxyd. — MnO_2, Mangansuperoxyd (Braunstein). — MnO_3, Mangansäure. — Mn_2O_7, Übermangansäure. — $KMnO_4$, übermangans. Kalium, giebt leicht O ab (wirkt fäulniswidrig — Mundwasser; dafür neuerdings: Salicylsäure, s. § 59).

32. Eisen, Ferrum, Fe. 56. II (VI). Spec. G. 7,8. Gußeisen (5% C), Schmiedeeisen (0,1—0,5% C), Stahl (1—1½% C), chemisch reines Fe. Verb.: FeO, Eisenoxydul. — Fe_2O_3, Eisenoxyd (Rost, caput mortuum. — Fe_3O_4 Eisenoxydoxydul (Magneteisenstein). — FeS, einfach Schwefeleisen. — FeS_2, zweifach Schwefeleisen (Schwefelkies). — $FeCy_2$, Eisencyanür, Fe_2Cy_6, Eisencyanid. — Fe_7Cy_{18} Eisencyanürcyanid (Berlinerblau). — $FeSO_4$ + aq., schwefels. Eisenoxydul (Eisenvitriol, mit Gerb-

säure = Tinte). — $FeCO_3$, kohlens. Eisenoxydul (Stahlwasser). — K_4FeCy_6 Kaliumeisencyanür (gelbes Blutlaugensalz). — K_5FeCy_6 (rotes Blutlaugensalz).

33. Chrom, Chromium, Cr. 52,2. II (VI). Spez. Gew. 6,8. Verb.: Cr_2O_3, Chromoxyd (färbt das Glas grün). — CrO_3, Chromsäure. — $Cr_2K_2 4 (SO_4)$, schwefels. Chromoxyd-Kalium (Chrom-Alaun). — K_2CrO_4, einfach chroms. K. — $K_2Cr_2O_7$, zweifach chroms. K. — $PbCrO_4$ chroms. Blei (Chromgelb).

34. Kobalt, Cobaltum, Co. 58,8. II (VI). Spec. Gew. 8,5. Verb.: CoO, Kobaltoxydul. — Co_2O_3, Kobaltoxyd. — $CoCl_2$, Kobaltchlorür (sympathetische Tinte). — Kiesels. K. — Kobaltoxydul (blaues Glas, Smalte).

35. Nickel, Niccolum, Ni. 58. II (VI). Spec. Gew. 8,3 (magnetisch). Im Neusilber (Alfénide): 60% Cu, 30% Zn, 10% Ni; in den Scheidemünzen: 75% Cu, 25% Ni. Verb.: $NiCl_2$, Nickelchlorür.

36. Uran, U. 120. II (VI). — **Indium,** In. 113,7. II (VI).

37. Zink, Zincum, Zn. 65,2. II. Spec. Gew. 7,1. Verb.: ZnO, Zinkoxyd (Zinkweiß). — ZnS, Schwefelzink (Zinkblende). $ZnCl_2$, Chlorzink, (zum Imprägnieren der Eisenbahnschwellen). — $ZnSO_4$ + aq., schwefels. Z. (Zinkvitriol — Siccativ. Augenwasser.) — $ZnCO_2$, kohlens. Z. (Galmei).

38. Cadmium, Cd. 112. II. Spec. Gew. 8,7.

39. Blei, Plumbum, Pb. 207. II. Spec. Gew. 11,4. Verb.: Pb_2O, Bleisuboxyd. — PbO, Bleioxyd (Bleiglätte). — Pb_3O_4, Bleioxyd-Superoxyd (Mennige). — PbO_2, Bleisuperoxyd (in der Zündmasse der Streichhölzer). — PbS, Schwefelblei (Bleiglanz). — $PbCO_3$, kohlens. Bl. (Bleiweiß). — $PbC_4H_6O_4$, essigs. Bl. (Bleizucker — Bleiwasser).

40. Kupfer, Cuprum, Cu. 63,5. II. Spec. Gew. 8,9. Kupfermünzen: 95% Cu, 4% Sn, 1% Zn. — Messing: 70% Cu, 30% Zn. — Bronze: 80—90% Cu, 20—10% Sn. — Verb.: Cu_2O, Kupferoxydul (Rotkupfererz, färbt Glas rot — Überfangglas). — CuO, Kupferoxyd, färbt Glas grün. — $CuCl_2$, Kupferchlorid, (die weingeistige Lösung brennt mit schöner grüner Flamme). — $CuSO_4$ + aq., schwefels. K. (Kupfervitriol, Blaustein). — $CuCO_3$, kohlens. K. + H_2CuO_2, Malachit — Patina. — Cu $C_4H_6O_4$ essigs. K. + H_2CuO_2 = Grünspan. — $Cu_3As_2O_6$, arsenigs. K. (Scheel'sches Grün); arsenigs. K. + essigs. K. = Schweinfurter Grün, beide sehr giftig.

41. Tellur, Tellurium, Te. 128. II. —

42. Wismut, Bismuthum, Bi. 210. III. Spec. Gew. 9,87. Rose'sches Metall: 2 Bi, 1 Pb, 1 Sn, schmilzt bei 94°. Wood's Metall (Zusatz von Cd, schmilzt bei 70°). — Verb.: $BiCl_3$, Wismutchlorid. — (Wismutoxychlorid = Blanc d'Espagne, Schminke). — BiN_3O_9, salpeters. W., giftig.

43. Antimon, Stibium, Sb. 122. III. Spec. Gew. 6,7. Buchdruckerlettern: 80% Pb, 20% Sb. — Britanniametall: 86% Sn, 14% Sb. Verb.: Sb_2S_3, dreifach Schwefel-A. (Grauspießglanz), mit chlors. Kalium. Hauptbestandteil des Zündspiegels der Zündnadelgewehre. — K (SbO) $C_4H_4O_6$, Brechweinstein (Tartarus stibiatus).

44. Arsen, Arsenicum, As. 75. III. Spec. Gew. 5,8. Verb.: H_3As, Arsenwasserstoff, sehr giftig, leicht entzündlich. — As_2O_3, arsenige Säure (weißer A., Giftmehl, siehe auch § 40, schweinfurter Grün). — H_3AsO_4 [As_2O_5] Arsensäure, zur Fabrikation des Anilinrot, Fuchsin. — AsS einfach, und As_2S_3 dreifach Schwefelarsen (Auripigment, Rauschgelb). — $AsCl_3$ Chlorarsen, sehr giftig.

45. Vanadin, Vanadium, V. 51,3. III.

46. Zinn, Stannum, Sn. 118. IV. — Spec. Gew. 7,2. — Stanniol. Legierungen: s. Cu. — Schnellot: 2 Sn 1 Pb — Verb.: SnO_2, Zinnsäure (Zinnasche, zur Herstellung des Milchglases, Email). — $SnCl_2$, Zinnchlorür, (Zinnsalz, Desoxydations- und Färbebeizmittel). — $SnCl_4$, Zinnchlorid, in der Färberei gebraucht. — SnS_2, zweifach Schwefelzinn (Musivgold, zum Bronzieren von Gipsfiguren u. s. w.).

47. Titan, Titanium, Ti. 50. IV. — **Wolfram,** Wolframium, W. 184. IV. — **Tantal,** Tantalium, Ta. 182. V. — **Niob,** Niobium, Nb. 94. V. — **Molybdän,** Molybdaenum, Mo. 92. VI.

b) Edle Metalle. (9.)

48. Silber, Argentum, Ag. 108. I. Spec. Gew. 10,5. — Silbermünzen 90% Ag, 10% Cu. Verb.: Ag_2S, Schwefelsilber (Silberglanz). — Anlaufen des Silbers in H_2S haltiger Luft. — AgCl, Chlorsilber (Hornsilber). — AgBr, AJ. — $AgNO_3$, salpeters. S. (Höllenstein, Lapis infernalis, zum Zeichnen der Wäsche, Färben der Haare, in der Photographie).

49. Quecksilber, Hydrargyrum, Hg. 200. II. Spec. Gew. 13,6. (Amalgame). — Verb.: HgO_4 Quecksilberoxyd (rotes und gelbes), sehr giftig. — HgS, Quecksilbersulfid (schwarz und rot — Zinnober). — Hg_2Cl_2, Quecksilberchlorür (Calomel). — $HgCl_2$, Quecksilberchlorid (Sublimat). — HgN_2O_6, salpeters. Qu. — $HgC_2N_2O_2$, Knallquecksilber, zu Zündhütchen.

50. Gold, Aurum, Au. 197. III. Spec. Gew. 19,3. Nur in Königswasser löslich. Goldmünzen: 90% Au, 10% Cu. Schmucksachen gewöhnlich 58⅓% Au, 41⅔% Cu. Verb.: $AuCl_3$, Goldchlorid. — Goldpurpur (Gold, Zinn, Quecksilber) rote Farbe zur Glasmalerei.

51. Platin, Platina, Pt. 197,4. IV. Spec. Gew. 21,5. Nur in Königswasser löslich. Im Hydrooxygengas-Gebläse — Schlösing'scher Ofen

— in größeren Massen schmelzbar: Platinschwamm (§ 8). — Verb.: $PlCl_4$ Platinchlorid.

52. Palladium, Pd. 106,6. — **Iridium,** Ir. 198. — **Rhodium,** Rh. 104,4. — **Osmium,** Os. 129,2. — **Rutenium,** Ru. 104,4. —

---

53. Die **organischen** Verbindungen, d. h. Stoffe, aus denen der Pflanzen- und Tierkörper sich aufbaut und die er während seines Lebens erzeugt, bestehen hauptsächlich aus den 4 Grundstoffen C, H, O, N (Organogene). Man unterscheidet: Kohlenhydrate und Albuminate.

54. Stickstofflose organ. Verbindungen — Kohlenhydrate.

a) **Pflanzenfaser** (Cellulose), entsteht aus den Pflanzenzellen (kugelig, sechseckig, gestreckt, röhrenartig — Gefäße), löst sich nur im Kupferoxydammoniak. Durch Behandlung mit concentr. Schwefelsäure wird sie pergamentartig — Pergamentpapier; mit concentr. Salpetersäure explodierend — Schießbaumwolle (in Weingeist aufgelöst — Collodium); mit verdünnter Schwefelsäure gummi- und zuckerartig. —

b) **Stärkemehl** (Amylum), in den Zellen der Pflanzen, Stärkekleister. Mittels Gerstenmalz (Diastase) Umwandlung in Stärkegummi (Dextrin) und Stärkezucker. Ähnliches geht beim Reifen der Früchte und bei der Verdauung mittels des Speichels vor.

c) **Gummi** (Kirsch- und Pflaumengummi, G. arabicum). Pflanzenschleim, Pflanzengallerte (Pektin).

d) **Zucker.** Eingekochte Zuckerlösung — Syrup. Geschmolzener, nicht süßer Zucker — Caramel (Zuckercouleur). Traubenzucker $C_6H_{12}O_6 + H_2O$; Rohrzucker $C_{12}H_{22}O_{11}$; Milchzucker $C_{12}H_{12}O_{11} + H_2O$ sind gährungsfähig und zerfallen in Kohlensäure und Weingeist (Alkohol).

Nicht gährungsfähige zuckerartige Stoffe sind: Glycyrrhizin (Lakritzensaft), Mannit, Glycin u. a. — Muskelzucker (Inosit).

55. Eiweißartige Stoffe — Albuminate, (Proteïnsubstanzen).

a) **Kleber** (Pflanzenfibrin), besonders in den Samen der Getreidearten.

b) **Pflanzeneiweiß** (Pflanzen-Albumin), in Pflanzensäften, Tierfibrin, Leim- und Hornsubstanz (Wolle, Seide); gerinnt beim Erhitzen derselben. — Tierisches Eiweiß, besonders im Ei und Blut.

c) **Pflanzenkäsestoff** (Legumin), aus Pflanzensäften durch Säuren ausscheidbar. — Tierischer Käsestoff, besonders in der Milch.

Die Albuminate sind die eigentlich nährenden Substanzen in den Nahrungsmitteln, doch für sich allein meist schwer verdaulich, daher mit Kohlenhydraten zu mischen, wie es die Natur in den Getreidekörnern und im fetten Fleisch gethan.

Andere organische Verbindungen sind:

56. Nichtflüchtige Fettstoffe. CHO.

a) **Stearin** $C_{57}H_{110}O_6$ (in den harten Fetten) eine Verbindung von Stearinsäure mit Glyceryl C_3H_5 (stearinsaures Glycerin). Durch Ausscheiden des Glycerins $C_3H_8O_3$ mittels Kali oder Natron entsteht (Schmier- und harte) **Seife,** die in weichem Wasser löslich ist; in hartem Wasser bildet sich unlöslicher stearins. Kalk. — Kesselstein. — Salpeters. Glycerin ist Nitroglycerin (Sprengöl), mit Erde gemischt. — Dynamit. Seife in Weingeist aufgelöst mit Zusatz von Kampfer u. dgl. — Opodeldok.

b) **Palmitin** $C_{51}H_{98}O_6$ (in Schmalz, Hammeltalg und Butter).

c) **Oleïn** $C_{57}H_{104}O_6$ (in den nichttrocknenden — Schmierölen) giebt Marseiller Seife; mit Bleioxyd gekocht — Bleipflaster.

d) **Olin** (in den trocknenden — Firnissen). Leinölfirnis aus Leinöl und essigs. Blei. Leinöl mit Kreide — Glaserkitt.

Pflanzen- und Tier-Wachs sind den Fetten nahe verwandt, aber sauerstoffarm.

57. Flüchtige Fettstoffe: ätherische Öle, Camphore.

Die Destillate aromatischer Pflanzenteile werden, wenn sie bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind: **ätherische Öle,** wenn sie fest sind, flüchtige Fette **(Kampfer)** genannt.

Sauerstofffreie äther. Öle sind z. B. Terpentin- (Kien-) Öl, Citronenöl, Steinöl. — Sauerstoffhaltig: Rosenöl, Nelkenöl, Bittermandelöl, Kampher. — Schwefelhaltig: Senföl. — Die äther. Öle brennen leicht und mit rußender Flamme. Terpentinöl mit Weingeist gemischt = **Ölgas.** — Naphta und Petroleum enthalten ein äther. Öl (Petrolén), von dem sie vor dem Gebrauch als Leuchtstoff befreit werden müssen (Rektifikation).

Tierische aromatische Stoffe sind: Ambra (vom Potfisch), Moschus, Bibergeil.

58. Harze, Balsame, Gummiharze.

Nehmen äther. Öle Sauerstoff auf, so entstehen Harze, wenn sie sich verhärten; Balsame, wenn sie weich bleiben; Gummiharze, wenn sie mit Gummi gemischt sind. — Kautschuk, Gummi elasticum, Gutta-Percha. Fossile Harze: Bernstein, Asphalt. — Harze, in Weingeist oder Öl (Leim-, Terpentinöl) gelöst, geben Firnisse. — Die Harze sind unverweslich (Lackieren, Einbalsamieren).

59. Organische Säuren. CHO; (CHON; CHONS).

Oxalsäure $C_2H_2O_4$ (oxals. Kali, C_2HKO_4, Kleesalz) im Sauerklee und Ampfer. Wein- oder Weinsteinsäure, $C_4H_6O_6$ (Weinstein, Cremor

Tartari, $C_4H_5KO_6$). Sie scheidet aus kohlens. Natrium die Kohlensäure aus: **Brausepulver.** Äpfelsäure, Essigsäure, $C_2H_4O_2$ (durch Gährung, Oxydation, des Weingeistes unter dem Einfluß eines Ferments — Hefe, Sauerteig). Schnellessigfabrikation. Salicylsäure (in Weidenrinde, Spiräenknospen), wirkt stark oxydierend und fäulniswidrig, s. § 31. — Gerbsäure, giebt mit Eisensalzen einen blauschwarzen Niederschlag: **schwarze Tinte,** schwärzt gegerbtes Leder. — Tierische Säuren: Hippur-, Harn-, Fleisch-, Milch-, Butter-, Ameisensäure.

60. Organische Basen oder Alkaloïde. — Bitter- und Extraktstoffe. Sie sind sehr giftig, Medikamente. a) CHON: Morphin (Morphium), Strychnin, Chinin, Coffeïn (Theïn), Theobromin, Solanin, Atropin, Akonitin. — Im Fleisch: Kreatin, Kreatinin, Inosit. — CHN: Coniin, Nicotin, Chenopodin. Ähnlich sind die (neutralen) **Bitterstoffe:** Salicin, Amygdalin, Sinapin, Lupulin, Digitalin (sehr giftig).

61. Organische Farbstoffe. Blau: Indigo, Waid, Blauholz, Heidelbeeren, Flechtenblau. — Rot: Krapp, Rotholz, Saflor, Sandelholz, Alkannawurzel. — Cochenille (eine Schildlaus). — Gelb: Wau (Reseda), Curcuma, Gelbholz, Färbeginster. — Violett, Grün u. s. w. sind Mischfarben. — Schwarz: Tinte (Eisenvitriol und Galläpfel). — **Anilinfarben** (aus Steinkohlenteer gewonnen*): rot, violett, blau. — Unverwendbar ist das Blattgrün (Chlorophyll), aus einzelnen Kügelchen im farblosen Zellsafte bestehend.

62. Durch den **Gährungsprozeß** wird unter dem Einfluß eines Ferments (§ 59) der **Zucker** $C_6H_{12}O_6$ in Alkohol (Weingeist) $2\,C_2H_6O$ und Kohlensäure $2CO_2$ zerlegt. — Bei der Keimung der **Gerste** verwandelt sich das Stärkemehl in Zucker (Malz), woraus durch Gährung **Bier** bereitet wird. — Hefenpilze. Aus Honig wird Met, aus Zuckerrohrsaft Rum, aus Reis Arrak gewonnen.

Wird dem Alkohol unter Einwirkung von Schwefelsäure H_2O entzogen, so entsteht **Äther** $C_4H_{10}O$, der sehr flüchtig, bei 35° siedet. 1 Äther mit 3 Weingeist giebt Hoffmannstropfen. Mit Säuren verbunden: Essigäther, Salpeteräther u. s. w. arzneilich. — (Chloroform ist $CHCl_3$). — Mittels Hefe oder Sauerteig wird im Teig eine Gährung hervorgerufen. Die Kohlensäure bläht das Gebäck auf. Der Alkohol verdampft beim Backen. Auf der Oberfläche verwandelt sich durch die Hitze etwas Stärkemehl in Dextrin (§ 54 b), das mit Wasser bestrichen die glänzende Rinde giebt.

---

*) Bei der trockenen Destillation der Steinkohlen entsteht außer Leuchtgas, Coaks, ammoniakalische Flüssigkeit, auch Teeröl, Benzol oder Benzin C_6H_6; durch Hinzutritt von O entsteht Carbolsäure C_6H_6O. Mit Salpeters. behandelt, entsteht Nitrobenzol $C_6H_5NO_2$, woraus Anilin hergestellt wird C_6H_7N, das an sich farblos ist.

63. Hört die Lebensthätigkeit auf, so tritt bei allen organischen Gebilden nach kürzerer oder längerer Zeit unter dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft ein Zerfallen der zusammengesetzteren Stoffe in einfachere — die **Verwesung** ein. Es entsteht: Kohlensäure, Wasser und Ammoniak. Dies sind dann wieder die Nahrungsmittel für neu sich bildende Pflanzen, und letztere die Nahrungsmittel der Tiere. Unter den Tieren giebt es Pflanzenfresser, Fleischfresser und Allesfresser.

64. Die **Nahrungsmittel** der Tiere sind teils stickstoffhaltig, teils stickstofflos. Erstere sind die eigentlich nährenden, letztere sind Fettbildner und dienen wesentlich zur Respiration (Heizmittel). Der Mensch ernährt sich am besten aus dem Pflanzen- **und** Tierreich. Die nahrhaftesten Stoffe sind: Käse, Hülsenfrüchte, Fleisch, Eier, Weizenbrod, Roggenbrod, Kohlarten; doch hängt deren Wert wesentlich von der Verbaulichkeit ab. Darum ist **Milch,** namentlich für die Jugendzeit, das vorzüglichste Nahrungsmittel, dagegen hat Fleischbrühe und Bier nur geringen Nährwert, ebenso Kartoffeln, Rüben, Obst, Fett. Nur **Genuß-** und **Reizmittel** sind: Kaffee, Thee, Wein, Branntwein, Salz, Pfeffer, Gewürze, Taback und Ähnliches.

Beispiele zu chemischen Aufgaben.

1. Wieviel Gramm H und Cl sind in 1 Pfd. HCl? — Wieviel H und O in 1 Pfd. Wasser? — Wieviel H, S und O in 1 Pfd. Schwefelsäure. — Wieviel H, N und O in 1 Pfd. Salpetersäure? — Wieviel C und O in 1 Pfd. Kohlensäure? u. s. w.

2. Wie ist die prozentische Zusammensetzung obiger und anderer zusammengesetzter Körper?

3. Wieviel O läßt sich aus 10 g chlorsaurem Kalium gewinnen?

4. Wieviel O ist erforderlich, um 1 Pfd. Kohlenstoff zu verbrennen?

5. Wieviel wiegt 1 cbm H, O, N, CO_2? — Wieviel wiegt die Luft eines Zimmers, das 6 m lang, 5 m breit und 3,5 m hoch ist?

6. Was gehört zu 1 Pfd. Kupfermünzen, 1 Pfd. Nickelmünzen, 1 Pfd. Silbermünzen, 1 Pfd. Goldmünzen?

Physikalische Aufgaben.

Zu § 14.] 1. Was wiegen 5 ccm Gold; 36 ccm Blei; 1 cbm Tannenholz?

2. Welches Volumen haben 500 g Silber; 1 kg Kupfer; 1 Ctr. Granit?

3. Wie groß ist das spec. Gew. eines Körpers, wenn 15 ccm = 105 g; 1 cdm = 3 Pfd.; 20 Liter = 1 Ctr.; 1 cbm = 500 g wiegt?

Zu § 16.] 4. Welchen Weg legt ein gleichförmig bewegter Körper in 5; 12; 30; 75 Sekunden zurück, wenn seine Geschwindigkeit beziehentlich 3; 6,5; 30,75; 5,725 beträgt?

5. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich ein Körper, wenn er in 5 Sek. 17 m; in 15 Sek. 180 m; in 1 Minute 1 km; in 1 Stunde 8 Meilen zurücklegt?

6. In welcher Zeit legt ein Körper 20 m; 54 m; 100 m; 1 km zurück, wenn er sich mit der Geschwindigkeit 6; 13; 24,5; 99,9 gleichförmig fortbewegt?

Zu § 21.] 7. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich ein Körper, auf welchen zwei Kräfte unter einem rechten Winkel einwirken, wenn diese Kräfte 3 u. 4; 5 u. 12; 7 u. 24; 9 u. 40; 1,1 u. 6; 1,3 u. 8,4 sind?

Zu § 25.] 8. Die Arme eines ungleicharmigen Hebels seien a u. b, die an a angreifende Last heißt L; wie groß muß die an b angreifende Kraft K sein, um Gleichgewicht zu erhalten, wenn: a = 3; 5; 9; 17; b = 6; 20; 25; 18; L = 50; 75; 100; 19 ist?

9. Wie groß muß der Hebelarm b sein, wenn: a = 4; 6,5; 13,7; 20,25; L = 25; 20; 30; 4; K = 5; 100; 9; 17 ist?

10. In welchem Punkte muß ein 3 m langer Hebel unterstützt werden, wenn K u. L einander das Gleichgewicht halten sollen, und K = 7; 15; 24; 38; 100; L = 21; 75; 9; 14; 23 ist?

Zu § 26.] 11. Am Ende eines einarmigen Hebels von 2 m Länge werde ein Druck von 16 Pfd. ausgeübt; welcher Druck wird dadurch in einem Punkte des Hebels hervorgebracht, der vom Unterstützungspunkt 100; 150; 50; 36; 24; 10; 3 cm entfernt ist?

Zu § 33.] 12. Der Umfang einer Welle ist 40 cm; wie groß muß der Umfang des Rades sein, wenn hier mit einer Kraft von 5; 7; 9; 11 Pfd., dort einer Last von 100; 210; 360; 605 Pfd. das Gleichgewicht gehalten werden soll?

13. Welchen Weg müßte jedesmal die Kraft zurücklegen, während die Last um 1 m gehoben würde?

Zu § 35—36.] 14. Welche Last kann mittels eines gemeinen Flaschenzuges von 4; 6; 8 Rollen (abgesehen von der Reibung) mit einer Kraft von 9; 20; 36 Pfd. gehoben werden?

15. Welche Last läßt sich mittels eines Potenzflaschenzuges von 4; 6; 8 beweglichen Rollen mit denselben Kräften heben?

Zu § 42—44.] 16. Welchen Weg legt ein frei fallender Körper in der 3ten; 5ten; 9ten; 12ten; 20sten; 60sten Sekunde zurück?

17. Welchen Weg in 3, 5, 9, 12, 20, 60, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ Sekunden?

18. Wie groß ist die Endgeschwindigkeit nach einem freien Fall von 6, 10, 17, 25 Sekunden?

19. In welcher Zeit durchläuft ein frei fallender Körper einen Raum von 125; 320; 500; 451,25; 1377,8 m, wenn der Fallraum der ersten Sekunde a. 5 m; b. 4,905 m gerechnet wird?

Zu § 45—47.] 20. Mit welcher Geschwindigkeit muß ein Körper senkrecht abwärts geschleudert werden, damit er in 3; 4; 7 Sekunden 100; 210; 1850 m zurücklege?

21. Wie hoch steigt ein senkrecht in die Höhe geworfener Körper, wenn er nach 6, 10, 15, 24, 35 Sekunden unten wieder ankommt?

22. Wie hoch steigt ein Körper, wenn er mit der Geschwindigkeit 40, 70, 125, 139 m senkrecht in die Höhe geschleudert wird?

23. Mit welcher Geschwindigkeit muß ein Körper in die Höhe geschleudert werden, damit er 5, 7, 11, 13, $14\frac{1}{2}$, $15\frac{3}{4}$ Sekunden lang steige?

24. Mit welcher Geschwindigkeit — damit er eine Höhe von 80; 245; 720; 11,25; 300 m erreiche?

Zu § 53—58.] 25. Die Länge einer schiefen Ebene sei 5 m, ihre Höhe 1; 2; 3; 4 m; mit welcher Kraft kann eine Kugel von 20; 75; 112; 300 Pfd. Gewicht am Herabrollen gehindert werden?

26. Eine schiefe Ebene ist 18 m lang; in welcher Zeit rollt eine Kugel von derselben herab, wenn die Höhe 0,45; 1,25; 1,8; 4,05; 8; 16,2 m beträgt?

Zu § 81—83.] 27. Wie groß ist die Wirkung einer hydraulischen Presse, wenn der Stempel b einen Querschnitt von 15; 24; 88; 172 qcm hat, während der Stempel a, dessen Querschnitt 1,5 qcm, mit einer Kraft von 48 kg niedergedrückt wird?

28. Wie groß muß der Querschnitt des Stempels b sein, um unter sonst gleichen Umständen einen Druck von 192; 336; 528; 1000 kg hervorzubringen?

29. Welcher Druck muß auf den Stempel a, dessen Querschnitt 0,025 von dem des Stempels b ist, ausgeübt werden, um eine Wirkung von 5; 7; 15; 20 Ctr. hervorzubringen?

30. Der Durchmesser einer Real'schen Presse sei 5; 9; 12,5; 18,9 cm; welchen Druck übt in ihr eine Wassersäule von 85 cm Höhe aus? Wieviel wiegt das Wasser, wenn die enge Röhre 80 cm hoch ist und einen Querschnitt von 1 qcm hat?

Zu § 96.] 31. Was wiegt 1 ccm Gold, Blei, Silber, Eisen, Schwefel im Wasser?

32. Was wiegen 3 ccm Kupfer, 5 ccm Zinn, 8 ccm Granit im Wasser?

33. Was wiegt 1 Pfd. Stahl, Zink, Granit im Wasser?

34. Ein Körper wiegt in der Luft 500 g, im Wasser 443,82 g; was für ein Stoff ist es? was, wenn er im Wasser nur 236,84 g wiegt?

35. Welches spec. Gew. hat eine Mischung aus gleichen Volumen Gold und Silber; Silber und Kupfer; Eisen und Schwefel?

36. Welches spec. Gew., wenn von denselben Stoffen gleiche Gewichtsteile gemischt werden?

37. Welches spec. Gew. hat eine Mischung aus 2 Vol. Gold und 1 Vol.

Silber; aus 3 Vol. Silber und 2 Vol. Kupfer; aus 5 Vol. Eisen und 2 Vol. Schwefel; aus 2 Vol. Eisen und 5 Vol. Schwefel?

38. Welches spec. Gew. haben dieselben Mischungen, wenn statt der angegebenen Volumen, soviele Gewichtsteile genommen werden?

39. Mit wieviel Tannenholz muß 1 ccm Eisen verbunden werden, um im Wasser nicht mehr unterzugehen?

40. Wieviel g Blei muß an einen Korkwürfel von 100 g befestigt werden, damit er im Wasser zur Hälfte eintaucht?

41. Ein silberner Löffel von 50 g wiegt im Wasser 45 g; wieviel Kupfer ist dem Silber beigemischt?

Zu § 106—108.] 42. Welchen Luftdruck erleidet eine Tischplatte, die 5 m lang und 50 cm breit ist? welchen ein runder Tisch, dessen Durchmesser 1 m, endlich welchen ein solcher, dessen Umfang 4 m ist?

43. Wie hoch ist ein Berg, auf dessen Spitze das Barometer 60; 50; 24 cm steht?

44. Welches ist annähernd der Barometerstand bei 1500; 4000; 8000 m Höhe?

Zu § 117—119.] 45. Welchen Weg legt der Schall in 2, 10, 15, 35 Sekunden zurück?

46. In welcher Zeit durcheilt der Schall einen Raum von 1 m, 1 km, 1 Meile?

47. Wenn ein Stein in einen 100 m tiefen Brunnen fällt, nach wieviel Sekunden hört man das Aufschlagen auf das Wasser?

48. Wie weit muß eine Schallwand entfernt sein, um ein 2, 3, 4 silbiges Echo zu geben?

Zu § 137—138.] 49. Wie verhält sich die Intensität zweier Lichtquellen, wenn die eine bei 3 m, die andere bei 5 m Entfernung dieselbe Helligkeit zeigt?

50. Wieviel Zeit braucht das Licht, um vom Monde (51822 Ml.); wieviel um von der Sonne (20,7 Mill. Ml.) zur Erde zu gelangen?

51. Wieviel Lichtjahre ist der Sirius (890000 Erdweiten) von der Sonne entfernt?

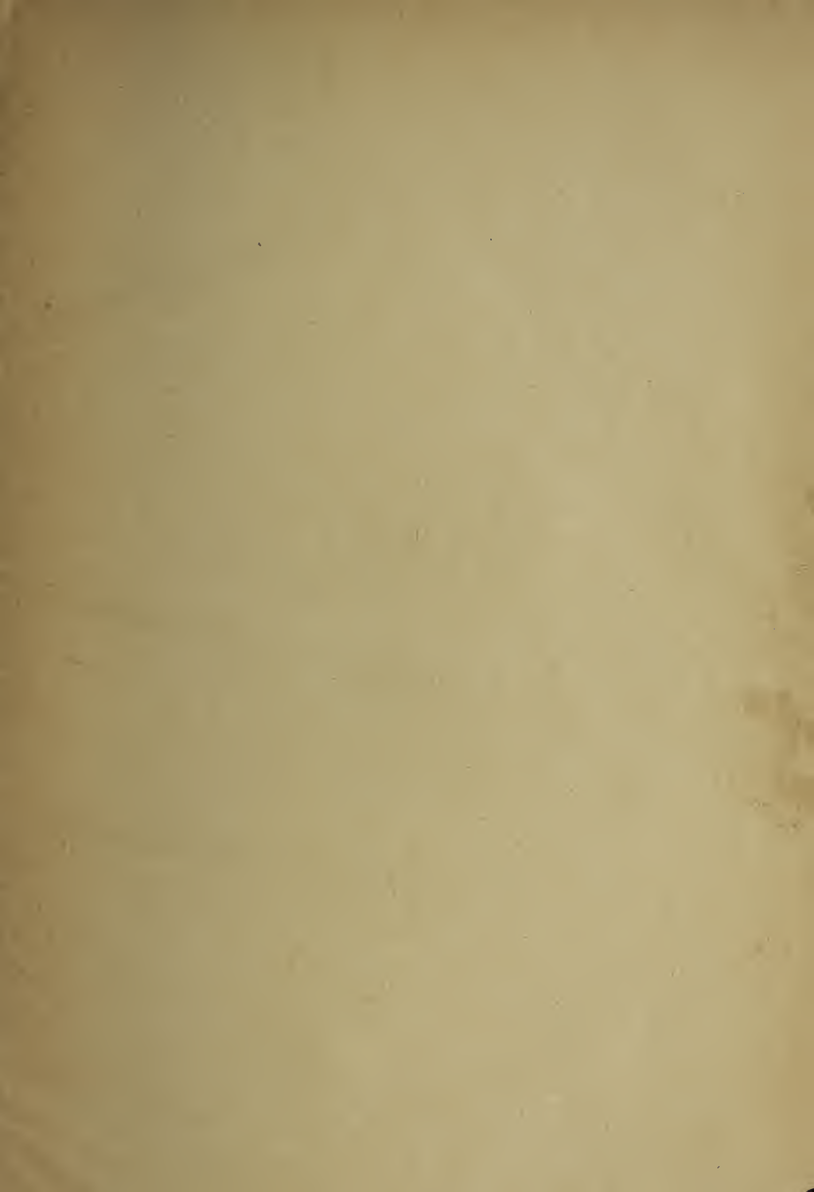
Zu § 144.] 52. Wieviel Bilder zeigen zwei Planspiegel, die unter einem Winkel von 72°, 60°, 40°, 36° zu einander geneigt sind?

Zu § 151.] 53. Vor einem Konvexspiegel, dessen Radius 50 cm ist, befindet sich in 2 m Entfernung ein Gegenstand; wo erscheint das Bild desselben und wieviel mal kleiner ist es?

Zu § 158.] 54. Vor einem Konkavspiegel, dessen Radius 1 m ist, befindet sich in 60 cm Entfernung ein Gegenstand; wo ist das Bild desselben und wieviel mal vergrößert erscheint es?

Zu § 237.] 55. Man verwandle 4°, 18°, 45°, 100° der einen Thermometer-Skala in die beiden anderen.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin.




3 0112 072834960